

#2 : CDE Working Paper



Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm

EVALUATION EINES INTERVENTIONSPROGRAMMS ZUR FÖRDERUNG EINES
LEISEN FAHRSTILS

**Stephanie Moser, Maja Fischer, Elisabeth Lauper, Thomas Hammer und
Ruth Kaufmann-Hayoz**

Zitierweise

Moser S, Fischer M, Lauper E, Hammer T, Kaufmann-Hayoz R. 2015. *Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm. Evaluation eines Interventionsprogramms zur Förderung eines leisen Fahrstils*. CDE Working Paper 2. Bern, Schweiz: Centre for Development and Environment (CDE) and Bern Open Publishing (BOP). DOI: 10.7892/boris.66913

Herausgeberin der Serie

Anne B. Zimmermann (CDE)

Titelseite

Stephanie Moser (CDE)

Erhältlich

Die PDF Version dieser Serie ist als Download hier zu finden:
<http://www.cde.unibe.ch/Pages/Publications.aspx>

Kontakt

stephanie.moser@cde.unibe.ch

© 2015, die AutorInnen und CDE

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell 4.0 International Lizenz. Siehe <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> um eine Kopie der Lizenz einzusehen. CDE empfiehlt NutzerInnen, direkt mit den AutorInnen dieses Werkes Kontakt aufzunehmen, falls sie es in irgendeiner Form vervielfältigen möchten.

Dieser Bericht wurde im Rahmen des Forschungsvertrags Nr. 09.0037.PJ/J414-1047 zwischen dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt und der Interfakultären Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ), respektive dem Centre for Development and Environment CDE der Universität Bern verfasst. Zusätzliche finanzielle Unterstützung erfolgte durch das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, die Stadtverwaltung Ludwigshafen sowie durch die Universität Bern.

Für den Inhalt des Berichts ist alleine die Forschungseinrichtung verantwortlich.

DOI: 10.7892/boris.66913

ISBN: 978-3-906813-00-4 (e-print)

ISBN: 978-3-906813-02-8 (print)

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
Das Wichtigste in Kürze für EntscheidungsträgerInnen	11
1 Einleitung	15
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	15
1.2 Bisherige Forschung zu Eco-Drive	15
1.3 Die Studie „Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm“	18
1.4 Aufbau des vorliegenden Berichts	18
2 Vorgehen	21
2.1 Generelles Vorgehen und Forschungsdesign	21
2.2 Das Interventionsprogramm	24
2.2.1 Sensibilisierungspaket	25
2.2.2 Fahrschulung	28
2.2.3 Wöchentliche Rückmeldungen zum eigenen Fahrstil	28
2.3 Teilnehmende Personen und Fahrzeuge	30
2.3.1 Die Stadtverwaltung Ludwigshafen	30
2.3.2 Rekrutierung und Information der TeilnehmerInnen	31
2.3.3 Vorgehen bei der Gruppeneinteilung	32
2.3.4 Charakterisierung der teilnehmenden Personen	32
2.3.5 Charakterisierung der teilnehmenden Fahrzeuge	34
3 Datenerhebung, -bereinigung und -auswertung	37
3.1 Fahrdaten und Lärmwerte	37
3.1.1 Erhebung der Fahrdaten	37
3.1.2 Funktion zur Berechnung der Lärmwerte	40
3.1.3 Datenbereinigung	43
3.1.4 Datenauswertung	45
3.2 Schriftliche Befragung	47
3.2.1 Datenerhebung	47
3.2.2 Datenbereinigung	48
3.2.3 Datenauswertung	49
4 Fahrstiländerungen während der Fahrschulungen	51

5	Effekte des Interventionsprogramms auf die Fahrdaten und Lärmwerte	53
5.1	Charakterisierung der Fahrten und Fahrzeuge der verschiedenen Gruppen	55
5.2	Indikatoren eines leisen Fahrstils	56
5.3	Kraftstoffverbrauch	59
5.4	Lärmwerte	60
5.5	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Fahrdaten und Lärmwerte	62
6	Effekte des Interventionsprogramms auf die Motive, Entscheidungen und Selbsteinschätzung des Fahrstils durch die TeilnehmerInnen	65
6.1	Absicht, Strassenlärm zu vermeiden (Zielintention)	66
6.2	Absicht, Eco-Drive zu fahren (Handlungsintention)	66
6.3	Initiierung von Eco-Drive	67
6.4	Etablierung von Eco-Drive	68
6.5	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Befragungen	69
7	Bewertung des Interventionsprogramms durch die TeilnehmerInnen	71
8	Diskussion und Empfehlungen	73
8.1	Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse	73
8.2	Kritische Würdigung der Studie	74
8.3	Empfehlungen zur Förderung eines leisen Fahrstils	75
8.4	Implikationen für weitere Forschung	77
8.5	Was es bei der Durchführung und Evaluation von Interventionsprogrammen zum Fahrstil zu beachten gilt	77
8.6	Ausblick	79
	Literaturverzeichnis	81
	Über die Autorenschaft	84

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1	Überblick über Aufgaben und Zeitraum der einzelnen Projektschritte	22
Tabelle 2.2	Übersicht über die mit den drei Komponenten des Interventionsprogramms angesprochenen Ansatzpunkte aus dem Modell individuellen lärmrelevanten Handelns	25
Tabelle 2.3	Übersicht über die Anzahl TeilnehmerInnen, welche die verschiedenen Arten des Feedbacks erhielten	30
Tabelle 2.4	Merkmale der Mitarbeitenden (MA) der Stadtverwaltung Ludwigshafen, sowie der angegliederten Betriebe WBL und TWL (Stand März 2014)	30
Tabelle 2.5	Vorgehen bei der Information der TeilnehmerInnen	31
Tabelle 2.6	Charakterisierung der Gesamtstichprobe und der drei Gruppen	33
Tabelle 2.7	Charakterisierung der in der Studie benutzten Fahrzeuge	35
Tabelle 3.1	Übersicht über diejenigen erhobenen Fahrparameter, welche in die weitere Datenberechnung und –auswertung einfließen	39
Tabelle 3.2	Übersicht über die berechneten Fahrparameter	39
Tabelle 3.3	Übersicht über die in den Fahrdatenrekorder auf Sekundenbasis berechneten Lärmwerte	41
Tabelle 3.4	Übersicht über die je Fahrt aggregierten Lärmwerte, welche als Rohdaten für die Auswertungen vorlagen	42
Tabelle 3.5	Übersicht über die je Fahrt aggregierten Lärmwerte, welche als Rohdaten für die Auswertungen vorlagen	42
Tabelle 3.6	Übersicht über die Ausschlusskriterien der Datenbereinigung	44
Tabelle 3.7	Ausschlusskriterien zur Identifikation unplausibler Lärmwerte.	45
Tabelle 3.8	Korrektur der Fahrdaten um Geschwindigkeit und teilweise um die je Woche gemittelte Tagestemperatur	46
Tabelle 3.9	Items und Skaleneigenschaften der in die Auswertungen einbezogenen Konstrukte der Befragung	48
Tabelle 4.1	Vergleich verschiedener Fahrstilparameter zwischen den beiden Fahrten während der Fahrschulungen der Interventionsgruppen 1 und 2	51
Tabelle 5.1	Charakterisierung der getätigten Fahrten in den verschiedenen Gruppenzusammensetzungen über die unterschiedlichen Zeitabschnitte t1 bis t5	55
Tabelle 5.2	Charakterisierung der Fahrzeugmerkmale der verschiedenen Gruppen	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.1	Modell der Veränderung individuellen lärmrelevanten Handelns,	17
Abbildung 2.1	Forschungsdesign und Datenerhebung	24
Abbildung 2.2	Inhalte des Sensibilisierungspakets	26
Abbildung 2.3	Aussenseite (oben) und Innenseite (unten) des Infofalters im „Sensibilisierungspaket“	27
Abbildung 3.1	Der Fahrdatenrekorder MDlog	37
Abbildung 3.2	Login Instruktionen	38
Abbildung 3.3	Ein im Fahrraum angebrachter Sticker	38
Abbildung 3.4	Messungen der Geräuschemissionen ausgewählter Fahrzeuge im Sommer 2013	41
Abbildung 5.1	Einordnung der Zeitabschnitte ins Studiendesign	54
Abbildung 5.2	Durchschnittliche Drehzahlen in U/min	57
Abbildung 5.3	Ruckartigkeit je Zeitabschnitt in m/s^3	57
Abbildung 5.4	Gemittelte durchschnittliche Verzögerung mit Bremse	58
Abbildung 5.5	Prozentualer Anteil der Fahrzeit in Schubabschaltung	58
Abbildung 5.6	Kraftstoffverbrauch in l/100km	59
Abbildung 5.7	Kraftstoffverbrauch in l/h	60
Abbildung 5.8	Gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs in dB(A)	61
Abbildung 5.9	Durchschnittlicher Maximalpegel des Motorengeräuschs in dB(A)	61
Abbildung 5.10	Prozentuale Zeit der Fahrzeit über 60 dB(A)	62
Abbildung 6.1	Absicht, Strassenlärm zu vermeiden	66
Abbildung 6.2	Absicht Eco-Drive zu fahren	67
Abbildung 6.3	Initiierung von Eco-Drive	68
Abbildung 6.4	Etablierung von Eco-Drive	68
Abbildung 7.1	Bewertung des Sensibilisierungspakets	71
Abbildung 7.2	Bewertung der Eco-Drive Schulung	72
Abbildung 7.3	Bewertung der wöchentlichen Rückmeldungen zum Fahrstil	72

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert das Vorgehen und die Ergebnisse der Studie „Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm“. Dieses Projekt entstand aus seiner Kooperation zwischen dem Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, welches das Projekt im Rahmen der Lärmaktionsplanung unterstützte, und dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt, Abteilung Lärm und NIS, Sektion Strassenlärm, welches die wissenschaftliche Begleitung des Projekts förderte.

Wir bauten mit dieser Studie auf Erkenntnissen aus dem Forschungsprojekt „Bewusstsein und Handeln in der Lärmbekämpfung“ des Schweizerischen Bundesamts für Umwelt auf, in welchem der Frage nachgegangen worden war, wie Handlungsänderungen der individuellen Lärmverursachenden als Massnahmen zur Strassenlärmbekämpfung nutzbar gemacht werden könnten. In den in diesem Bericht dokumentierten Arbeiten fokussierten wir auf das Beispiel eines leisen Fahrstils im Sinne von Eco-Drive. Wir entwarfen hierzu ein Interventionsprogramm zu dessen Förderung. Dank der Teilnahme der Mitarbeitenden der Stadtverwaltung Ludwigshafen, konnten wir unsere Vorschläge umsetzen und auf deren Wirksamkeit hin überprüfen.

Wir möchten uns an dieser Stelle bei verschiedenen Personen und Institutionen bedanken, die massgeblich zum Gelingen dieses Unterfangens beigetragen haben: Als Erstes gilt ein grosses Dankeschön den Mitarbeitenden der Stadtverwaltung Ludwigshafen, welche sich für das Projekt interessierten, und bereit erklärten, teilzunehmen. Auch bedanken möchten wir uns insbesondere bei Rainer Ritthaler des Bereichs Umwelt der Stadtverwaltung Ludwigshafen für die erfolgreiche Zusammenarbeit. Ein Dankeschön geht auch an unsere Projektpartner; Johannes Stephan und Manfred Blomeier von der Firma Modern Drive Technology GmbH in Neumarkt und Erik de Graaf vom Ingenieurbüro M+P in Vught. Mit ihrem technischen Know-How, ihrer Geduld, Flexibilität und Spontaneität unterstützten sie uns in manchen kniffligen Situationen. Sowohl für die finanzielle Förderung, wie auch für ihr grosses Engagement für die Studie möchten wir uns bei Irène Schlachter und Sophie Hoehn vom Bundesamt und Wolfgang Eberle vom Ministerium bedanken. Das Projekt konnte im Weiteren von Rückmeldungen und Kommentaren von Herbert Kessler von fleetcompetence europe GmbH, Reiner Langendorf von Quality Alliance Eco-Drive und Rainer Guski von der Ruhr-Universität Bochum profitieren, welche stets für uns Zeit hatten und uns weiter halfen. Auch ihnen gebührt ein grosses Dankeschön. Nicht zuletzt konnten wir auf die Unterstützung verschiedener HilfsassistentInnen und PraktikantInnen zählen, welche uns bei der Kommunikation mit den TeilnehmerInnen, bei der Zusammenstellung des Interventionsprogramms, der Datenauswertung und dem Verfassen dieses Berichts halfen. In diesem Sinne vielen Dank an Annik Schaad, Stefanie Baumberger, Anh Thu Pham und Raul de Serra Frazao.

Das Wichtigste in Kürze für EntscheidungsträgerInnen

Ausgangslage, Problemstellung und Vorhaben

Strassenlärm ist diejenige Verkehrslärmquelle, die am meisten Menschen belastet. Mit regulativen, technischen, raumplanerischen und infrastrukturellen Massnahmen kann die Strassenlärmbelastung zwar vermindert werden, diese Massnahmen lassen sich aber gerade in innerstädtischen Wohngebieten nur bedingt einsetzen. Individuelle Handlungsänderungen bei Lärmverursachenden – im Falle von Strassenlärm also Veränderungen bei Auto- und Motorraffahrenden – stellen deshalb vielversprechende Möglichkeiten dar, bisherige Ansätze der Lärmbekämpfung zu ergänzen. Eine solche mögliche Handlungsänderung, die zur Reduktion des Strassenlärms beitragen könnte, ist die Veränderung des Fahrstils im Sinne von Eco-Drive. Eco-Drive bezeichnet ein vorausschauendes und niedrig-touriges Fahren, welches bisher hauptsächlich in Zusammenhang mit energie- und klimapolitischen Massnahmen erforscht und propagiert wurde. Erst allmählich wird Eco-Drive aber auch als mögliche Massnahme der Strassenlärmbekämpfung entdeckt, da zwischen der Drehzahl und den Motorenlärmemissionen ein starker Zusammenhang besteht.

Die in diesem Bericht dokumentierte Studie „Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm“ widmete sich der übergeordneten Frage, wie Eco-Drive zur Bekämpfung von Strassenlärm nutzbar gemacht werden könnte. Ziel der Studie war, ein Interventionsprogramm zur Förderung eines leisen Fahrstils im Sinne von Eco-Drive zu erarbeiten, durchzuführen und zu evaluieren. Für die Evaluation stellten wir uns folgende Fragen:

- Führt das Interventionsprogramm zu einer erhöhten Bereitschaft der Teilnehmenden, Strassenlärm zu vermeiden und Eco-Drive anzuwenden?
- Führt das Interventionsprogramm dazu, dass die Teilnehmenden Eco-Drive häufiger initiieren, korrekt anwenden und als neuen Fahrstil verstetigen?
- Verändern sich durch das Interventionsprogramm objektiv gemessene Merkmale des Fahrstils?
- Führt das Interventionsprogramm zu einer Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und der Motorenlärmemissionen?

Dank der Teilnahme von Mitarbeitenden der Stadtverwaltung Ludwigshafen, welche mit ihren Dienstfahrzeugen an dem von uns entworfenen Interventionsprogramm teilnahmen, konnten wir diese Fragen bearbeiten.

Das Interventionsprogramm

Das Interventionsprogramm orientierte sich an Erkenntnissen psychologischer Literatur über Verhaltensänderungen und bestand aus drei Komponenten: einem „Sensibilisierungspaket“, einer halbtägigen Eco-Drive Fahrschulung und einer daran anschliessenden wöchentlichen Rückmeldung zum Fahrstil per E-Mail während vier Wochen:

- Sensibilisierungspaket: Die Teilnehmenden bekamen einen Infofalter mit Informationen zu Strassenlärm und der Wirksamkeit von Eco-Drive, zusammen mit einer Schokolade und einem Notfallset, dies alles in doppelter Ausführung. Sie wurden gebeten, das Doppel an jemanden in ihrem Bekanntenkreis weiterzureichen und dieser Person von der Studie zu erzählen.
- Fahrschulung: In einer halbtägigen Fahrschulung in einem Dienstfahrzeug wurde den Teilnehmenden in Kleingruppen von einem Fahrtrainer die Eco-Drive Fahrweise vermittelt. Mit einem Vergleich verschiedener Fahrkennwerte vor und nach der Instruktion wurde den Teilnehmenden die Effekte des veränderten Fahrstils aufgezeigt.
- Rückmeldungen zur Fahrweise: Während vier Wochen erhielten die Teilnehmenden einmal pro Woche per E-Mail einen Wochenrückblick der Entwicklung verschiedener Fahrparameter, eine vergleichende Beurteilung dieser Parameter (mit Kennzeichnung besonders guter Entwicklungen) sowie darauf abgestimmte Empfehlungen zur weiteren Verbesserung ihres Fahrstils.

Vorgehen bei der Evaluation des Interventionsprogramms

Hundertvierundsiebzig Mitarbeitenden der Stadtverwaltung Ludwigshafen meldeten sich freiwillig für die Teilnahme an der Studie. Die Fahrzeuge von 71 Personen eigneten sich nicht für die technische Ausstattung mit den Fahrdatenrekordern, 15 Personen schieden aus diversen Gründen während der Datenerhebung aus der Studie aus, so dass Rohdaten von 88 Personen erhoben werden konnten. Aufgrund einer sehr strengen Datenbereinigung und einem Auswertungsdesign, in welchem Daten der gleichen Person mehrer Messzeitpunkte vorhanden sein mussten, reduzierten sich die Stichproben, welche für die schlussendliche Fahrdatenauswertung berücksichtigt werden konnten je nach Analyse auf 20 bis 54 Personen.

Die Teilnehmenden wurden vor Beginn der Datenerhebung zwei Interventionsgruppen (Gruppen 1 und 2) und einer Kontrollgruppe (Gruppe 3) zugeteilt. Die Zuteilung wurde so vorgenommen, dass verschiedene Merkmale der Personen und der Fahrzeuge möglichst in allen drei Gruppen gleich vertreten waren. Entsprechend einem Wartegruppendesign besuchten die beiden Interventionsgruppen zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten das Interventionsprogramm (Gruppe 1 im Herbst 2013, Gruppe 2 im Frühling 2014). Abbildung 1 vermittelt einen Überblick über den zeitlichen Ablauf der verschiedenen Projektschritte.

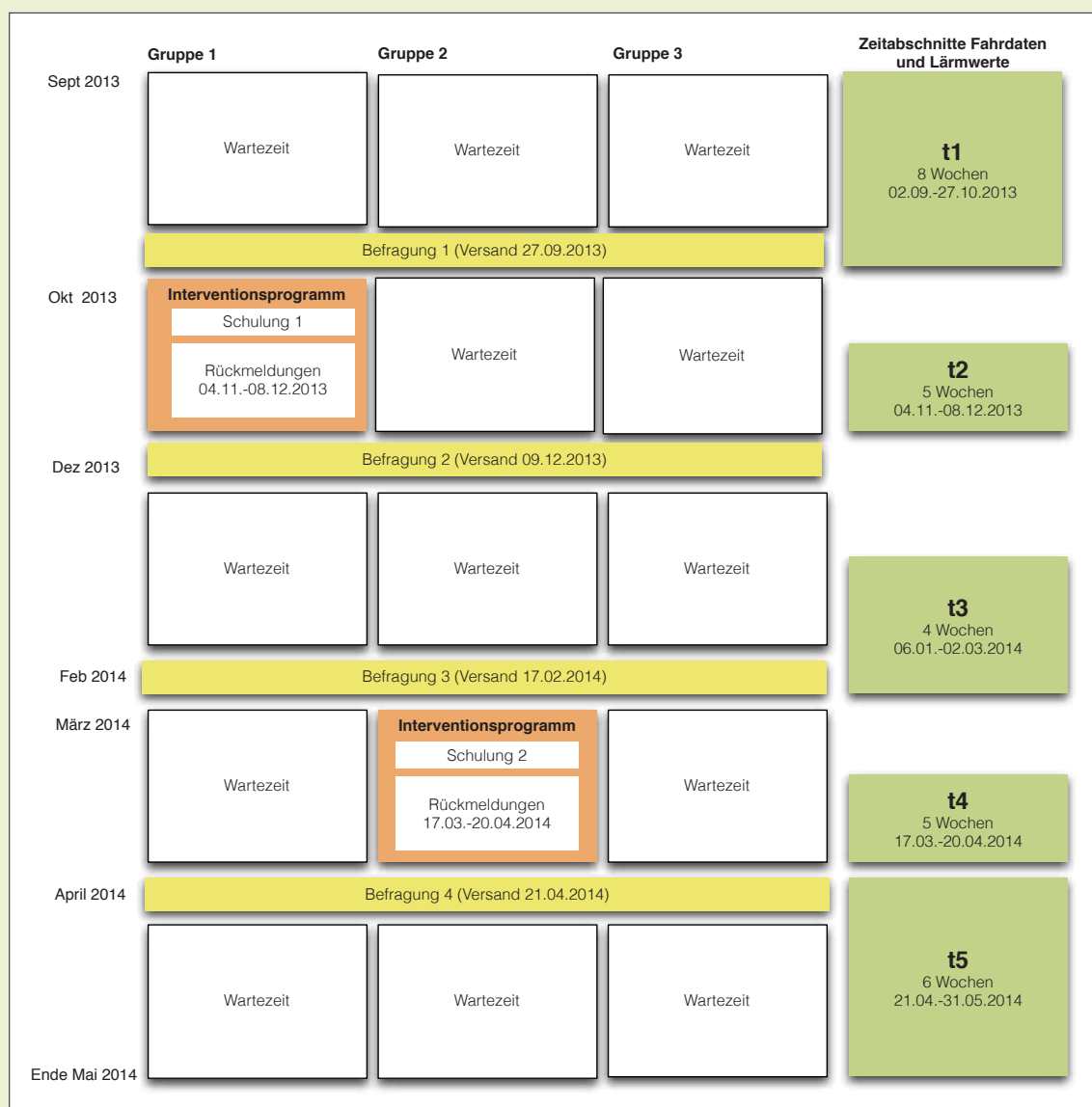


Abbildung 1: Zeitlicher Ablauf der verschiedenen Projektschritte für die drei Gruppen, Befragungszeitpunkte und Zeitabschnitte der Erhebung von Fahrdaten und Lärmwerten

Die Dienstfahrzeuge sämtlicher Teilnehmenden waren vorgängig mit einem Datenrekorder ausgerüstet worden, welcher verschiedene Fahrparameter je Fahrt über die gesamte Interventionslaufzeit registrierte, so zum Beispiel die durchschnittliche Drehzahl und den Kraftstoffverbrauch. Die Fahrdatenrekorder waren zudem um eine Applikation erweitert worden, die es erlaubte, auch verschiedene Kennwerte der Geräuschemissionen je Fahrt zu berechnen, wie zum Beispiel den gemittelten Summenpegel jeder Fahrt und den prozentualen Anteil an der Fahrzeit mit besonders lauten Motorengeräuschen. Die mathematischen Modelle für diese Applikation waren zu Beginn mittels Messungen der Geräuschemissionen verschiedener Fahrzeugtypen kalibriert worden. In Ergänzung zur Aufzeichnung der Fahrdaten und Berechnung der Lärmwerte wurden die Teilnehmenden vier Mal mittels Onlinefragebogen zu verschiedenen Aspekten ihres Fahrstils befragt.

Zur Evaluation der Effekte des Interventionsprogramms wurden die gemittelten Werte der Fahr- und Lärm-daten der Interventionsgruppen vor der Durchführung des Programms mit den gemittelten Werten während der Phase der Fahrerrückmeldungen und den gemittelten Werten der Phase nach Abschluss des Interventionsprogramms verglichen. Veränderungen bei der jeweiligen Interventionsgruppe wurden zudem mit Veränderungen in den beiden Gruppen verglichen, die zum entsprechenden Zeitpunkt in Wartezeit waren.

Bei den Befragungsdaten wurden die Angaben der Interventionsgruppen vor dem Interventionsprogramm mit den Angaben danach verglichen, und für Interventionsgruppe 1 wurden zudem die Werte 4 Monate später berücksichtigt. Auch hier wurden allfällige Veränderungen in den Werten der Interventionsgruppe den Werten der Gruppen gegenüber gestellt, welche sich zu diesem Zeitpunkt in Wartezeit befanden.

Die wichtigsten Ergebnisse

Wir betrachteten als erstes verschiedene Parameter, die als Indikatoren für einen leisen Fahrstil gelten können. Sowohl Interventionsgruppe 1 (links in Abbildung 2), wie auch Interventionsgruppe 2 (rechts in Abbildung 2) reduzierten die durchschnittliche Drehzahl im Vergleich mit der jeweiligen Kontrollgruppe. Während der Effekt bei Interventionsgruppe 2 auch nach Ende der Fahrerrückmeldungen bestehen blieb, verschlechterte sich Interventionsgruppe 1 wieder. Interessanterweise zeigt bei der erstmaligen Durchführung des Programms auch die Kontrollgruppe eine (minime) Reduktion der durchschnittlichen Drehzahl (vgl. Abbildung 2 links). Auf dieses Phänomen werden wir weiter unten nochmals zu sprechen kommen.

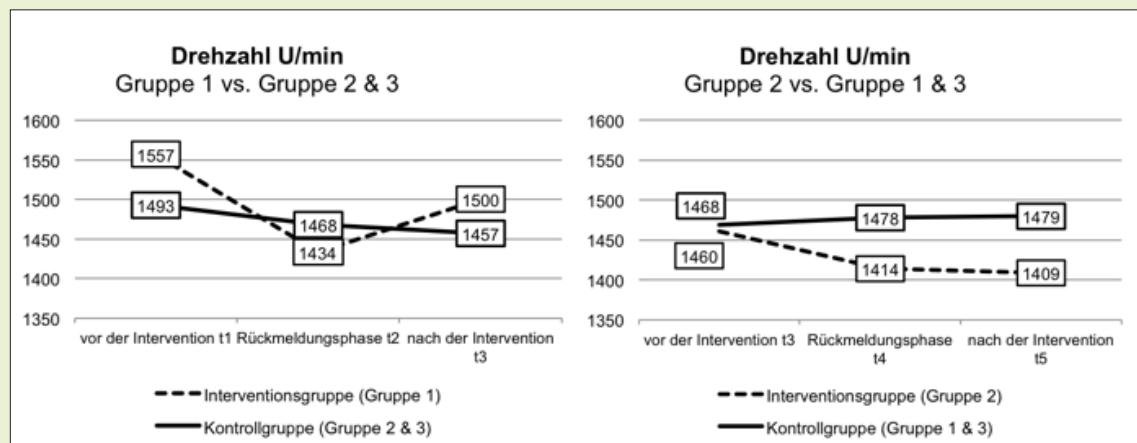


Abbildung 2: Durchschnittliche Drehzahlen in U/min (korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen). Analyse 1 (links; N=39) und Analyse 2 (rechts; N=23)

Bei Parametern, welche auf vorausschauendes Fahren und Ausrollen hindeuten (Masse für Ruckartigkeit des Fahrens, durchschnittliche Verzögerung mit Bremse, prozentualer Anteil der Fahrzeit in Schubabschaltung) beobachteten wir teilweise eine Verbesserung während der Phase der Rückmeldungen. Diese Parameter verschlechterten sich aber wieder nach Beendigung des Programms.

Ein veränderter Fahrstil schlug sich auch in Kraftstoffeinsparungen nieder, wie in Abbildung 3 dargestellt ist. Während der Phase der Rückmeldungen zeigte sich eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs von 3.2% in Interventionsgruppe 1, respektive 2.3% in Interventionsgruppe 2. Während bei Interventionsgruppe 1 die Verbesserung auch nach Abschluss des Interventionsprogramms anhielt, verschlechterte sich Interventionsgruppe 2 nach dessen Ende wieder. Wie in Abbildung 3 links dargestellt wird, verringerte sich interessanterweise bei der ersten Durchführung des Programms nicht nur der Kraftstoffverbrauch der Interventionsgruppe sondern auch derjenige der Kontrollgruppe. Die Unterschiede in der absoluten Höhe der Kraftstoffverbräuche der Interventions- und Kontrollgruppen, welche aus Abbildung 3 ersichtlich werden, sind auf die unterschiedliche Häufigkeit von Fahrten mit verschiedenen Fahrzeugtypen in den verschiedenen Gruppen zurück zu führen; in Gruppe 1 wurden häufiger Fahrten mit grösseren Fahrzeugen, welche mehr Kraftstoff benötigen, unternommen.

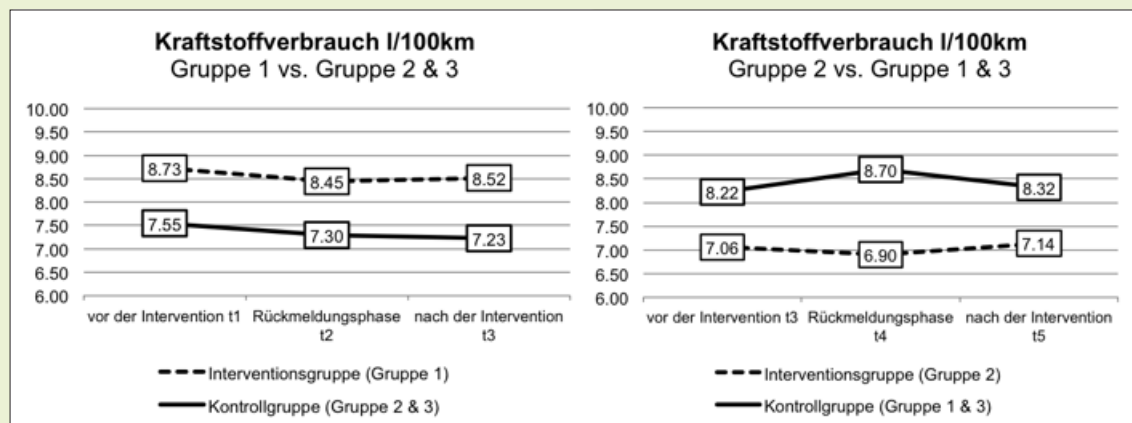


Abbildung 3: Kraftstoffverbrauch in l/100km (korrigiert für Geschwindigkeits- und Temperaturdifferenzen). Analyse 1 (links; N=39) und Analyse 2 (rechts; N=23)

Valide Werte für die Motorengeräuschemissionen lagen nur bei der zweiten Durchführung des Interventionsprogramms vor. In der Interventionsgruppe 2 lässt sich eine Reduktion des gemittelten Summenpegels des Motorengeräuschs um ein halbes Dezibel in der Phase der Fahrerrückmeldungen, verglichen mit der Messperiode vor der Fahrerschulung beobachten, wie in Abbildung 4 dargestellt wird. Der Wert verschlechtert sich leicht nach Ende des Interventionsprogramms, liegt aber immer noch unter 54 dB(A).

Auch beim prozentualen Anteil der Fahrzeit über einem Wert von 60 dB(A) lässt sich eine Verbesserung beobachten, wie in Abbildung 5 illustriert ist. Die Interventionsgruppe konnte ihren Anteil lauter Fahrzeit während der Rückmeldungsphase von 8.8% auf 5.4% senken. Allerdings verschlechterten sich die Fahrenden diesbezüglich nach Ende des Interventionsprogramms wieder auf ihren Anfangswert.

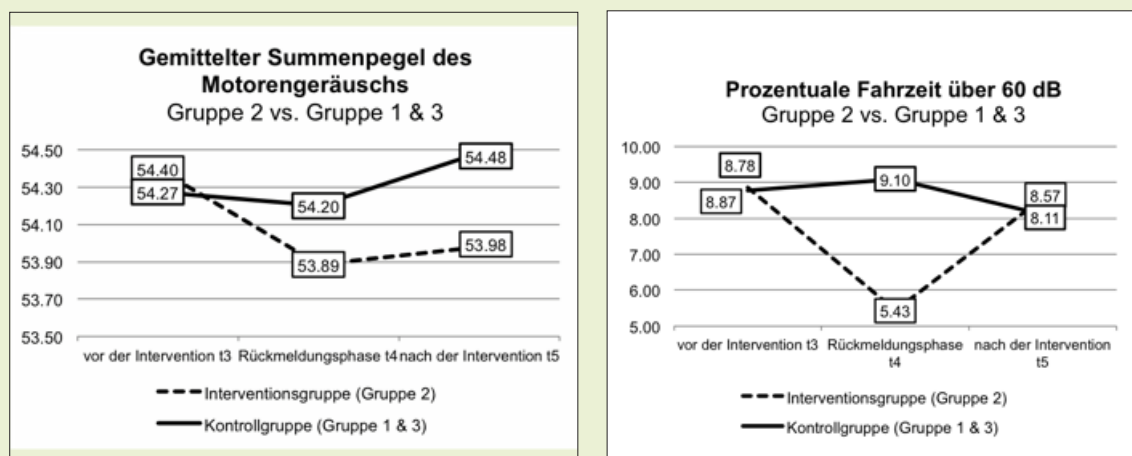


Abbildung 4: Gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs in dB(A) (korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen) Analyse 2 (N=20)

Durchschnittlicher Maximalpegel des Motorengeräuschs in dB(A) (korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen). Analyse 2 (N=20)

Die Ergebnisse der Fahr- und Lärmdaten lassen sich durch Erkenntnisse aus den Befragungsdaten vervollständigen: In Abbildung 6 ist die Höhe der gemittelten Antworten auf Fragen nach einer vollständigen Umsetzung der Eco-Drive Fahrweise dargestellt. Sowohl bei Interventionsgruppe 1 (links) als auch bei Interventionsgruppe 2 (rechts) lässt sich eine Zunahme der Werte nach Besuch des Interventionsprogramms feststellen, verglichen mit der Veränderung über den gleichen Zeitraum in der jeweiligen Kontrollgruppe. Interventionsgruppe 1 berichtet auch 4 Monate nach Besuch des Interventionsprogramms (Befragung 3) stabil hohe Werte. Interessanterweise zeigt sich auch hier, dass zu Beginn der Studie nicht nur Interventionsgruppe 1 höhere Werte berichtet, sondern auch die Kontrollgruppe. Allerdings fällt die Erhöhung in der Kontrollgruppe geringer aus als in Interventionsgruppe 1 (Abbildung 6 links).

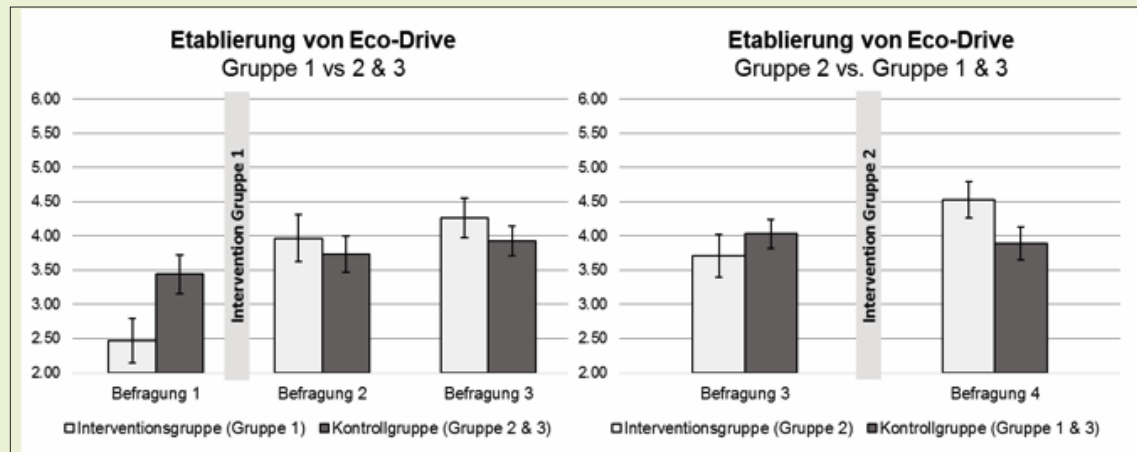


Abbildung 5: Selbstberichtete Etablierung von Eco-Drive auf einer Antwortskala von 1 (stimmt überhaupt nicht) bis 6 (stimmt voll und ganz) - Analyse 1 (links; N=50) und Analyse 2 (rechts; N=53)

Zusammenfassend lassen sich folgende Erkenntnisse hervorheben:

- Bei der durchschnittlichen Drehzahl zeigen sich eindeutige Effekte als bei den Parametern, welche auf vorausschauendes Fahren und Ausrollen hindeuten. Es scheint, dass sich niedrig-touriges Fahren einfacher umsetzen lässt als vorausschauendes Fahren.
- Verbesserungen können sowohl in den Befragungsdaten als auch bei einzelnen Fahrparametern (insbesondere der durchschnittlichen Drehzahl), beim Kraftstoffverbrauch und bei den Motorengeräuschemissionen beobachtet werden. Diese sind mit grosser Wahrscheinlichkeit eine Wirkung des Interventionsprogramms.
- Diese Verbesserungen verschwinden grösstenteils nach Abschluss des Interventionsprogramms wieder. Es scheint, dass eine nur 4-wöchige Rückmeldungsphase zu kurz ist, um den neuen Fahrstil dauerhaft zu verändern.
- Es besteht eine Diskrepanz zwischen den objektiven Fahrdaten und der Selbstwahrnehmung der Teilnehmenden nach Abschluss des Programms. Während die Fahrenden der Überzeugung sind, auch nach Abschluss besser Eco-Drive zu fahren als vorher, deuten die Fahrdaten darauf hin, dass sich der neue Fahrstil noch nicht vollständig etablieren konnte.
- Es fällt auf, dass sich während der erstmaligen Durchführung des Interventionsprogramms nicht nur die Interventionsgruppe, sondern auch die Kontrollgruppe in Bezug auf verschiedene Parameter der Fahrdaten wie auch der Befragungsdaten verbesserte. Wir nehmen an, dass diese Verbesserung auf Informationen, welche die Teilnehmenden in der ersten Befragung erhielten, zurückzuführen ist, d.h. dass es sich um einen Befragungseffekt handelt.

Implikationen für die Förderung eines leisen Fahrstils im Sinne von Eco-Drive

Aufgrund der oben skizzierten Ergebnisse sind wir überzeugt, dass es sich lohnt, Eco-Drive auch im Rahmen der Lärmbekämpfung zu fördern. Wir empfehlen, das in dieser Studie überprüfte Interventionsprogramm zu verbessern und zu einem standardisierten Angebot zur Förderung von Eco-Drive in Unternehmen weiter zu entwickeln. Hierbei ist aus unserer Sicht auf folgende Punkte zu achten:

- Eine erste Phase der Sensibilisierung und Motivierung der Mitarbeitenden zur Teilnahme sollte ausgebaut werden. Das von uns entworfene Sensibilisierungspaket kann hier ein Baustein sein, sollte aber um weitere informative Elemente, wie auch direkte Überzeugungsarbeit und gesellige Anlässe ergänzt werden.
- Bei der Fahrschulung hat es sich bewährt, auf eine hohe Qualität zu achten und kompetente und engagierte Fahrtrainer einzusetzen, welche ihrerseits Überzeugungsarbeit leisten. Auch die Visualisierung von Vorher-Nachher-Vergleichen ist aus unserer Sicht sehr wichtig.
- Rückmeldungen zum Fahrstil sind ein zentrales Element, um nach den Fahrkursen die noch bestehenden, automatisierten Muster des Fahrstils zu durchbrechen. Diese Phase muss unbedingt über eine längere Zeitdauer als nur 4 Wochen erfolgen. Eine einfache, automatisierte Lösung für die Fahrrückmeldungen sollte entwickelt werden (vielversprechend wäre z.B. eine Smartphone Applikation). Eine Wiederholung der Rückmeldephase nach z.B. einem halben und einem ganzen Jahr würde das Programm idealerweise vervollständigen.

Wir gehen davon aus, dass sich ein Interventionsprogramm für Eco-Drive auch für Privatpersonen verwirklichen lässt. Idealerweise würde dieses aber auch hier in einer bestehenden Gemeinschaft implementiert, wie zum Beispiel einer Gemeinde oder einem Verein welche als Trägerinstitutionen auftreten könnten. Auch hier erscheint uns das wichtigste Element die Möglichkeit von Fahrrückmeldungen, zum Beispiel, indem Fahrdatenrekorder zur Verfügung gestellt, standardisierte Parcours entworfen und ein einfaches, benutzerfreundliches Rückmeldesystem entwickelt werden.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Strassenverkehrslärm (kurz Strassenlärm) ist eine der grössten und gleichzeitig am wenigsten beachteten negativen Nebenfolgen individueller Mobilität, welche in Ländern wie Deutschland und der Schweiz insbesondere als motorisierter Individualverkehr zum Ausdruck kommt. Belastung und Belästigung durch Umweltlärm haben nachweislich negative Folgen für die Gesundheit (Babisch, 2014; de Kluizenaar, Janssen, van Lenthe, Miedema, & Mackenbach, 2009; Selander et al., 2009), die Lebensqualität (Dratva et al., 2010) und soziale Interaktionen von Menschen (Phan, Yano, Nishimura, Sato, & Hashimoto, 2010), wie auch negative wirtschaftliche Folgen (Guski, 2008).

Strassenlärm ist diejenige Quelle von Verkehrslärm, von der am meisten Menschen übermässig betroffen sind. Gemäss Schweizerischem Bundesamt für Umwelt (BAFU), ist in der Schweiz tagsüber jede fünfte, in der Nacht jede sechste Person schädlichem oder lästigem Strassenlärm ausgesetzt (BAFU, 2014). In Deutschland fühlen sich gemäss Umfrage 54% der Bevölkerung in ihrem Wohnumfeld etwas bis stark durch Strassenlärm gestört (Rückert-John, Bormann, & John, 2013).

Regulative, technische, raumplanerische und infrastrukturelle Lärmbekämpfungsmassnahmen, welche in der Lärmbekämpfung bisher dominierten, zeigen zwar entsprechende Wirkungen, sind jedoch, insbesondere in städtischen Gebieten, nur bedingt einsetzbar. Massnahmen, welche auf individuelle Handlungsänderungen der Lärmverursachenden setzen – im Falle von Strassenlärm also der Auto- und MotorradfahrerInnen – stellen deshalb eine vielversprechende Möglichkeit der Ergänzung bisheriger Massnahmen dar (Hoehn, 2014). So fordert beispielsweise Vlek, dass dem Verhalten von Lärmverursachenden mehr Beachtung gewidmet werden sollte (2005).

Ein Handlungsmuster, welches für die Strassenlärmbekämpfung relevant sein könnte, ist ein leiser Fahrstil im Sinne von Eco-Drive. Eco-Drive bezeichnet ein vorausschauendes und niedrig-touriges Fahren, welches bisher hauptsächlich in Zusammenhang mit energie- und klimapolitischen Massnahmen erforscht und propagiert wurde, da die Eco-Drive-Fahrweise zu Kraftstoffeinsparungen führt (Ericsson, 2001). Aufgrund des Zusammenhangs der Drehzahl mit dem Motorengeräusch (de Roo, Dittrich, Bosschaart, & Berry, 2012; Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, 1997) wird aber auch erwartet, dass mit einer konsequenten Anwendung von Eco-Drive die Motorengeräusche gesenkt werden können (Ecodrive.org, 2013; Marti, 1998). Eco-Drive-Fahrregeln, welche für die Motorenlärmemissionen insbesondere relevant sind, sind frühzeitiges Hoch- und spätes Herunterschalten (um immer mit einer möglichst tiefen Drehzahl zu fahren), vorausschauendes und gleichmässiges Fahren, Ausrollenlassen des Fahrzeugs und Ausschalten des Motors bei Wartezeiten. Es stellt sich also die Frage, wie bei Fahrzeuglenkenden eine Veränderung hin zu einem solchen leisen Fahrstil angestossen und unterstützt werden kann.

1.2 Bisherige Forschung zu Eco-Drive

Bisherige Studien zu Eco-Drive fokussieren zum einen auf das Energie- respektive Treibhausgas-Sparpotential und zum Andern auf hauptsächlich zwei Ansatzpunkte zu dessen Förderung: Der erste Ansatz ist die Fahrschulung. Evaluationen von Fahrschulungen berichten sowohl kurz-, wie auch langfristige Lerneffekte (Af Wählberg, 2007; Af Wählberg, 2002; Rutty, Matthews, Scott, & Del Matto, 2014; Zarkadoula, Zoidis, & Tritopoulou, 2007). Es zeigte sich jedoch auch, dass der Spareffekt von Eco-Drive-Schulungen auf den Kraftstoffverbrauch mit der Zeit abnimmt (Af Wählberg, 2007; Beusen et al., 2009).

Im zweiten Ansatz werden Einsparpotentiale mittels Verhaltensfeedback, d.h. Rückmeldungen an den Lenker oder die Lenkerin über Merkmale ihres Fahrstils untersucht. Hier wird unterschieden zwischen unmittelbarem Feedback direkt während der Fahrt (z.B. Anzeige des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs auf dem Tachometer) und Feedback, welches erst nach Beendigung der Fahrt eingesehen werden kann (z.B. Auswertung des Fahrstils auf einem Internetportal). Mit unmittelbarem Feedback konnten Kraftstoffeinsparungen sowohl in Feldstudien (Ericsson, Larsson, & Brundell-Freij, 2006) wie auch im Fahrsimulator (Barth & Boriboonsomsin, 2009; Van der Voort, Dougherty, & Maarseveen, 2001) nachgewiesen werden. Rückmel-

dungen nach der Fahrt haben ebenfalls positive Effekte auf den Kraftstoffverbrauch, beispielsweise, wenn Rückmeldungen via eine Website (Ando, Nishihori, & Ochi, 2010; Satou, Shitamatsu, Sugimoto, & Kamata, 2010), oder via Smartphone (Tulusan, Staake, & Fleisch, 2012) gegeben werden.

Bisher nur vereinzelt untersucht wurden motivationale Aspekte im Zusammenhang mit Eco-Drive, z.B. die generelle Motivation Eco-Drive zu fahren (Boriboonsomsin, Barth, & Vu, 2011), die Schwierigkeit der Umsetzung von Eco-Drive (Delhomme, Cristea, & Paran, 2013), die Interaktion des Ziels, möglichst ökologisch zu fahren, mit den Zielen, möglichst schnell und sicher anzukommen (Dogan, Steg, & Delhomme, 2011; Schiessl, Fricke, & Staubach, 2013) und einzelne Ziele die mit Eco-Drive erreicht werden können (Cristea, Paran, & Delhomme, 2012). Es gibt jedoch keine Studien zu psychologischen Faktoren im Prozess der Adaption von Eco-Drive. Zudem wurden bisher auch kaum Kombinationen verschiedener Ansätze zur Förderung von Eco-Drive evaluiert (eine Ausnahme bilden hier Studien von Siero, Boon, Kok, & Siero, 1989, und Strömberg & Karlsson, 2013).

Aus der Perspektive der Lärmbekämpfung wurde Eco-Drive unseres Wissens bisher nicht erforscht. In unserer dieser Studie vorangegangenen Forschung zu Bewusstsein und Handeln in der Lärmbekämpfung haben wir diesen Aspekt deshalb näher beleuchtet (vgl. hierzu Fischer, Moser, Lauper, Hammer, & Kaufmann-Hayoz, 2013a; Fischer et al., 2013b; Moser, Fischer, Lauper, Hammer, & Kaufmann-Hayoz, 2013; Moser, Fischer, Lauper, Schaad, et al., 2013). Basierend auf diesen Arbeiten schlugen wir ein Modell vor, welches die Veränderung lärmrelevanter Handlungsweisen (wie des Fahrstils) beschreibt und mögliche hemmende und fördernde Faktoren für diese Veränderung benennt.

Wie in Abbildung 1.1 linkerhand dargestellt, gehen wir davon aus, dass eine Person bei der Veränderung ihres Fahrstils verschiedene Entscheid- und Umsetzungsphasen durchläuft. Wir beginnen in diesem Modell einen Schritt vor der eigentlichen Entscheidung für oder gegen Eco-Drive, nämlich bei der Transition von einer gedankenlos strassenlärm-produzierenden Person, hin zu einer Person, welche die Absicht hat, Strassenlärm zu vermeiden, d.h. über eine entsprechende Zielintention verfügt. In dieser Phase der Zielabwägung sind verschiedene Faktoren von Bedeutung, insbesondere die Ausprägung des Problembewusstseins und der Verantwortungsübernahme der Person, die Höhe ihres moralischen Verpflichtungsgefühls zur Lärmvermeidung (persönliche Norm), wie auch ihre Wahrnehmung, was ihr wichtige Personen diesbezüglich erwarten und wie sie sich selber verhalten (wahrgenommene soziale Norm).

Eine Person, welche Strassenlärm vermeiden will, sucht nach möglichen lärmvermeidenden Handlungsmustern, und prüft, sofern ihr diese Handlungsoption bekannt ist, auch die Umsetzung von Eco-Drive. Damit die Person zum Entschluss kommt, Eco-Drive umsetzen zu wollen (d.h. über eine Handlungsabsicht verfügt), sind in dieser Phase der Handlungsauswahl andere Faktoren relevant, als in der vorangehenden Zielabwägungsphase. So werden in unserem Modell eine positive Einstellung, eine hohe persönliche Norm zur Anwendung von Eco-Drive, ein hoher wahrgenommener Handlungsspielraum und unterstützende soziale Normen genannt. Auch trägt unser Modell der Möglichkeit Rechnung, dass die Absicht, Eco-Drive zu fahren, auf anderen, mit der Zielintention kongruenten Zielen (z.B. Klimaschutz) basieren kann.

Die auf eine getroffene Handlungsabsicht folgende Phase der Handlungsplanung und -umsetzung mündet idealerweise in die Initiierung von Eco-Drive. Wir nennen als für diese Phasen relevante Faktoren das korrekte Erlernen, eine Planung der Umsetzung (Implementierungsintention), eingegangene Selbstverpflichtungen, die Wahrnehmung von Bewältigungsmöglichkeiten für auftretende Schwierigkeiten sowie eine hohe Handlungskontrolle, d.h., dass sich die Person an ihre Absicht erinnert, sich für die Umsetzung einsetzt und die Zielerreichung überprüft. Eine dauerhafte Etablierung des neuen Fahrstils erfolgt in der Verstetigungsphase, falls unterstützende Faktoren wie eine positive Handlungsevaluation sowie die Handlungskontrolle hoch ausgeprägt sind. Für eine ausführliche Beschreibung dieses Modells verweisen wir auf Moser, et al. (2013).

Wir haben zudem einen ausführlichen Katalog an Massnahmenvorschlägen zusammengetragen, wie die verschiedenen unterstützenden Faktoren in unserem Modell angesprochen werden könnten, um bei Autolenkenden eine Entwicklung in Richtung Entscheid, Umsetzung und Verstetigung von Eco-Drive anzustossen. Eine ausführliche Darstellung dieses Massnahmenkatalogs findet sich in Fischer et al. (2013b). In Abbildung 1.1 (rechterhand), haben wir diejenigen Massnahmen, welche uns besonders erfolgsversprechend erscheinen, je Phase kurz skizziert.

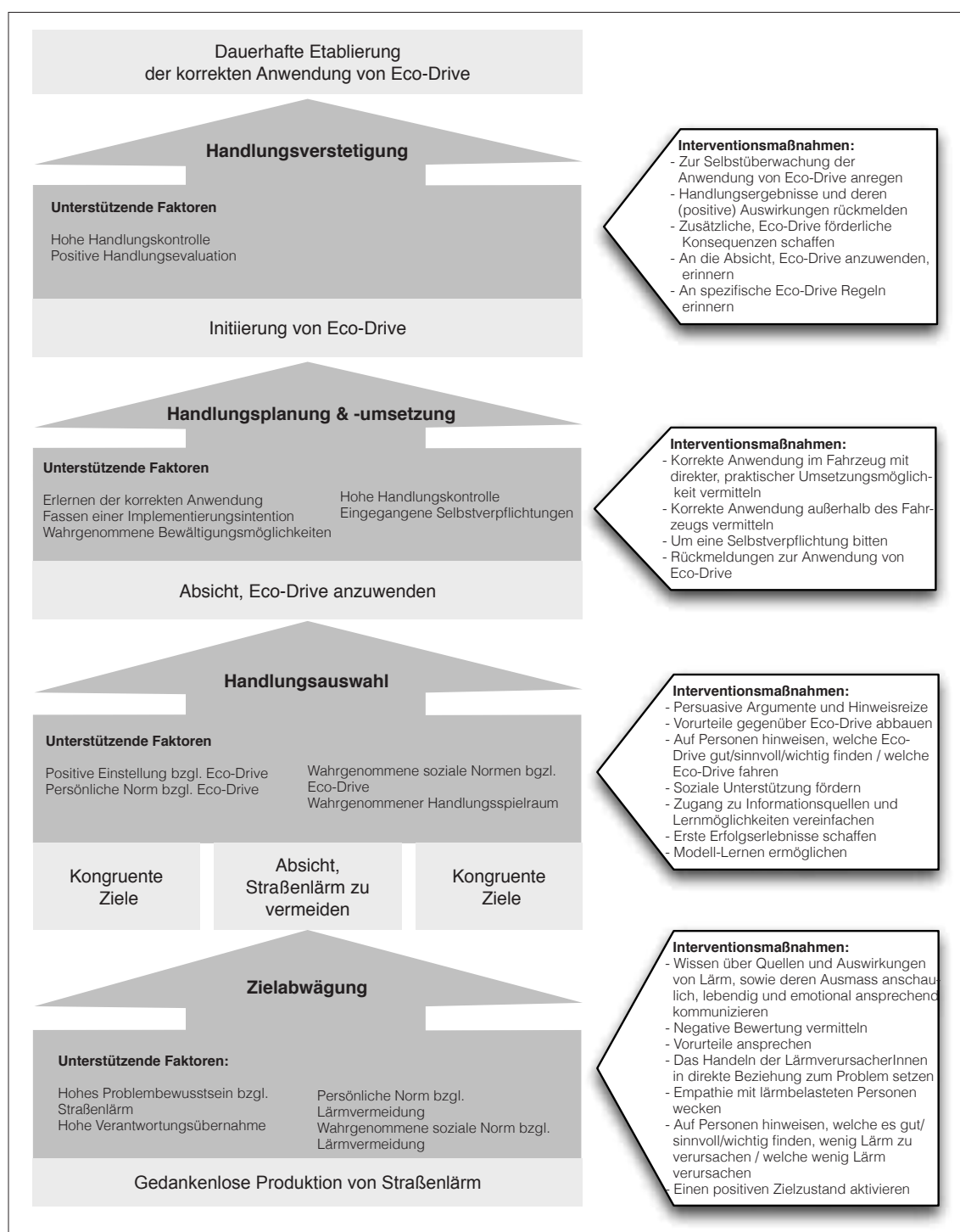


Abbildung 1.1 Modell der Veränderung individuellen lärmrelevanten Handelns, adaptiert auf das Beispiel Eco-Drive (aus Fischer, Moser, Lauper, Hammer, & Kaufmann-Hayoz, 2013b, S.22)

1.3 Die Studie „Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm“

Die in diesem Bericht dokumentierte Studie „Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm“ widmete sich der Frage, wie Eco-Drive zur Bekämpfung von Strassenlärm nutzbar gemacht werden könnte. Gemeinsam mit der Stadtverwaltung Ludwigshafen², welche sich im Rahmen der Lärmaktionsplanung an der Studie beteiligte, und mit Unterstützung der Sektion Strassenlärm des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, sowie des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz implementierten wir – ein Team aus UmweltpsychologInnen der Universität Bern – eine Kombination der oben aufgelisteten Massnahmenvorschläge zur Förderung von Eco-Drive im Sinne eines leisen Fahrstils. Die Wirksamkeit der Massnahmenvorschläge – wir bezeichnen diese im Folgenden als Interventionsprogramm – konnten wir dank der Teilnahme der Mitarbeitenden der Stadtverwaltung Ludwigshafen überprüfen und darauf aufbauend Vorschläge für die Förderung eines leisen Fahrstils ableiten.

Ziel der Studie war es also, ein Interventionsprogramm zur Förderung von Eco-Drive im Sinne eines leisen Fahrstils zu erarbeiten und zu testen, und aufgrund der Ergebnisse Vorschläge zur Verbesserung, Erweiterung und Verbreitung des Interventionsprogramms zu erarbeiten.

Als übergeordnete Forschungsfrage interessierte uns, ob das vorgeschlagene Interventionsprogramm einen Effekt auf die Motivation von Autolenkenden, Eco Drive anzuwenden, und auf die Umsetzung und Etablierung dieses Fahrstils hat, wobei wir die Untersuchung auf Dienstfahrten beschränkten. Diese übergeordnete Frage umfasst folgende konkrete Fragen:

- Führt das Interventionsprogramm zu einer erhöhten Bereitschaft der TeilnehmerInnen, Strassenlärm zu vermeiden und Eco-Drive anzuwenden?
- Führt das Interventionsprogramm dazu, dass die TeilnehmerInnen Eco-Drive häufiger initiieren, korrekt anwenden und als neuen Fahrstil verstetigen?
- Verändern sich durch das Interventionsprogramm objektiv gemessene Merkmale des Fahrstils?
- Führt das Interventionsprogramm zu einer Verringerung des Kraftstoffverbrauchs und der Motorenlärmemissionen?

Diese Forschungsfragen von primärem Interesse bedingten oder inspirierten verschiedene weitere Fragen, welche vorab oder begleitend untersucht werden mussten. So zum Beispiel, wie die verschiedenen Teile des Interventionsprogramms durch die TeilnehmerInnen bewertet wurden oder welche verschiedenen Fahrzeug- und Fahrstilparameter überhaupt mit den Motorenlärmemissionen zusammenhingen. Wir werden auf detaillierte Forschungsfragen und Hypothesen in den entsprechenden Ergebniskapiteln eingehen.

Durch die Teilnahme der Stadtverwaltung Ludwigshafen hatten wir die Möglichkeit, unsere Forschungsfragen mit Hilfe der Mitarbeitenden der Stadtverwaltung, welche Dienstfahrzeuge fahren, zu überprüfen. Aufgeteilt auf verschiedene Gruppen durchliefen die teilnehmenden Mitarbeitenden unser Interventionsprogramm. Zuvor und danach wurden sie mittels Fragebogen über verschiedene Aspekte ihres Fahrstils befragt, zudem wurden verschiedene Merkmale ihres Fahrstils mittels Fahrdatenrekorder aufgezeichnet und daraus die Motorenlärmemissionen berechnet. Ein Vergleich der Daten vor und nach Ablauf des Interventionsprogramms erlaubte uns, entsprechende Veränderungen festzustellen.

1.4 Aufbau des vorliegenden Berichts

Der vorliegende Bericht ist wie folgt strukturiert: Im folgenden Kapitel 2 stellen wir das gewählte Vorgehen vor. Wir geben als erstes einen Überblick über das gewählte Forschungsdesign und die Ausgestaltung des durchgeführten Interventionsprogramms und charakterisieren die teilnehmenden Personen und Fahrzeuge. Die Erhebung, Bereinigung und Auswertung der Daten wird in Kapitel 3 dokumentiert, wir gehen dort als erstes auf die Fahrdaten und Lärmwerte ein, danach stellen wir das Vorgehen bei den Befragungsdaten vor.

² An dieser Studie teilgenommen haben die Kernverwaltung der Stadtverwaltung Ludwigshafen, die „Wirtschaftsbetriebe Ludwigshafen“ WBL sowie die „Technischen Werke Ludwigshafen“ TWL.

Es folgen vier Ergebniskapitel: In Kapitel 4 werden die Ergebnisse der Fahrstiländerungen während der Fahrschulungen berichtet, Kapitel 5 präsentiert die Ergebnisse der Evaluation des Interventionsprogramms anhand der Fahrstildaten und Lärmwerte, und in Kapitel 6 wird die Evaluation des Interventionsprogramms anhand ausgewählter Variablen der Befragungsdaten vorgestellt. Kapitel 7 schliesslich geht auf die Bewertung des Interventionsprogramms durch die TeilnehmerInnen ein. Die etwas ausführlicheren Kapitel 5 und 6 enden jeweils mit einer Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse.

Im abschliessenden Kapitel 8 fassen wir die wichtigsten Erkenntnisse aus der Studie noch einmal kurz zusammen und diskutieren ihre Aussagekraft. Wir geben danach Empfehlungen für die zukünftige Ausgestaltung von Interventionsprogrammen zur Förderung eines leisen Fahrstils und skizzieren mögliche weiterführende Forschung. Auch formulieren wir an dieser Stelle Hinweise auf mögliche Stolpersteine bei der Durchführung ähnlich gearteter Projekte und schliessen den Bericht mit einem kurzen Ausblick.

2 Vorgehen

In diesem Kapitel wird das Vorgehen der Studie vorgestellt. Wir geben als erstes einen Überblick über das generelle Vorgehen und stellen das Forschungsdesign zur Datenerhebung vor (Kapitel 2.1). Wir beschreiben danach das verwendete Interventionsprogramm (Kapitel 2.2) sowie Merkmale der in der Datenerhebung teilnehmenden Personen und Fahrzeuge (Kapitel 2.3).

2.1 Generelles Vorgehen und Forschungsdesign

Die Durchführung der Studie „Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm“ basierte auf einer Kooperation verschiedener Projektpartner aus Praxis und Wissenschaft:

Der **Bereich Umwelt der Stadtverwaltung Ludwigshafen** war insbesondere zuständig für die Rekrutierung und Ansprechperson für die TeilnehmerInnen vor Ort, den Ein- und Ausbau der Fahrdatenrekorder, sowie die Organisation und Koordination der Fahrschulungen (als Teil des Interventionsprogramms).

Ein **Forscherteam der Universität Bern am Centre for Development and Environment** (ehemals Interfakultäre Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie) übernahmen die Gesamtprojektkoordination, die Kommunikation mit den TeilnehmerInnen, die Ausgestaltung und Durchführung des Interventionsprogramms, die Erhebung der Befragungsdaten, sowie die Bereinigung und Auswertung der Befragungs- und Fahrdaten und der Lärmwerte.

Modern Drive Technology GmbH² stellte die Fahrdatenrekorder zur Aufzeichnung des Fahrverhaltens der TeilnehmerInnen bereit und unterstützte die Forschenden der Universität Bern bei der Bereinigung und Auswertung der Fahrdaten.

Das **Ingenieurbüro M+P³** übernahm die Aufgabe der Ausarbeitung einer Lösung für die Berechnung der Lärmwerte und unterstützte die Forschenden der Universität Bern bei der Bereinigung und Auswertung der Lärmwerte.

Begleitet und finanziell unterstützt wurde das Projekt durch die Sektion Strassenlärm, Abteilung Lärm und NIS des Schweizerischen Bundesamtes für Umwelt, sowie das Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz. Das Projekt wurde zudem durch einen unabhängigen Experten begleitet.

Die Studie erstreckte sich über zwei Jahre, von September 2012 bis August 2014. Tabelle 2.1 gibt einen Überblick über die verschiedenen Projektschritte und deren Terminierung.

Nach ersten koordinierenden Arbeiten begannen im Oktober 2012 Interessensabklärungen bei angeschlossenen Betrieben. Ab Januar 2013 startete die Information und Rekrutierung möglicher TeilnehmerInnen unter den Mitarbeitenden der Stadtverwaltung Ludwigshafen, wobei wir uns für Personen interessierten, welche regelmässig mit Dienstfahrzeugen der Stadtverwaltung unterwegs sind. In die Vorbereitungsphase fielen auch die konkrete Ausgestaltung und Organisation des Interventionsprogramms sowie die Vorbereitung der Datenerhebung.

Die Erhebung der Fahrdaten der TeilnehmerInnen begann im September 2013 und endete nach gut 8 Monaten Ende Mai 2014. In diesem Zeitraum wurden die TeilnehmerInnen viermal mittels Online-Fragebogen zur Selbsteinschätzung ihres Fahrstils wie auch zu möglichen (psychologischen) bezüglich Eco Drive hemmenden und fördernden Faktoren befragt. Während dieser 8 Monate absolvierten ca. zwei Drittel der TeilnehmerInnen das Interventionsprogramm, eine erste Gruppe im Herbst 2013, eine zweite Gruppe im Frühling 2014. Nach Beendigung der Datenerhebung wurde auch mit den TeilnehmerInnen der Kontrollgruppe das gesamte Interventionsprogramm durchgeführt. Für Mitarbeitende, welche gerne teilgenommen hätten, jedoch nicht ins Projekt aufgenommen werden konnten, da sie auf Dienstfahrzeugen fuhren, welche sich für die Datenaufzeichnung technisch nicht eigneten, wurde zu diesem Zeitpunkt die Teilnahme an der Fahrschulung angeboten.

² <http://moderndrive.de>, heruntergeladen am 24.07.2014

³ <http://www.mp.nl>, heruntergeladen am 24.07.2014

Tabelle 2.1 Überblick über Aufgaben und Zeitraum der einzelnen Projektschritte

Vorbereitung	Zeitraum
Projektplanung und Koordination der Projektpartner	Sept. bis Dez. 2012
Information und Rekrutierung der TeilnehmerInnen am Interventionsprogramm	Jan – Mai 2013
Ausgestaltung und Vorbereitung des Interventionsprogramms, Einholen von Expertenmeinungen zu einzelnen Punkten des Programms.	Feb – Okt 2013
Vorbereitung der schriftlichen Befragung (Formulierung der Items, Implementierung und Test des Online-Fragebogens)	Feb – Okt 2013
Vorbereitung der Berechnung der Lärmwerte (Messung der Lärmemissionen ausgewählter Fahrzeuge zur Kalibrierung mit Fahrstilmerkmalen, Formalisierung und Programmierung der Berechnung, Validierung der Ergebnisse)	Juni – Aug 2013
Vorbereitung der Erhebung der Fahrdaten (Auswahl geeigneter Fahrzeuge, Installation der Fahrdatenrekorder, Validierung der Messungen)	Juni – Sept 2013
Instruktion der TeilnehmerInnen, Verteilung der Login-Chips	Sept 2013
Auswahl und Buchung der Instruktoren für die Fahrschulungen	Aug bis Okt 2013
Datenerhebung	
Start der Erhebung der Fahrdaten	Mitte Sept 2013
Start der Berechnung der Lärmwerte	Dez 2013
Befragung 1	Sept 2013
Befragung 2	Dez 2013
Befragung 3	Feb 2014
Befragung 4	April 2014
Datenmonitoring Lärmwerte	Sept. 2013 bis Mai 2014
Zusätzliche Tests zur Validierung der Lärmwerte	Juni 2014
Datenmonitoring Fahrdaten	Sept 2013 bis Mai 2014
Ende der Erhebung der Fahrdaten	Ende Mai 2014
Durchführung des Interventionsprogramms	
Intervention in Gruppe 1	Okt – Nov 2013
Intervention in Gruppe 2	März – April 2014
Durchführung der Intervention in der Kontrollgruppe und Fahrschulungen der Mitarbeitenden, welche an einer Teilnahme interessiert waren, jedoch aufgrund der Untauglichkeit ihres Dienstfahrzeugs nicht teilnehmen konnten	ab Juni 2014
Datenbereinigung und -auswertung	
Abgleich der Login-Daten mit Fahrtenbüchern	Nov. 2013 – Juli 2014
Bereinigung und Auswertung der Befragungsdaten	Mai – Juli 2014
Bereinigung und Auswertung der Fahrdaten und Lärmwerte	März bis Aug 2014
Projektabschluss	
Deinstallation der Fahrdatenrekorder, Rückgabe der Login-Chips	Juni – Aug 2014
Verdankung der TeilnehmerInnen, Verlosung der Mitmach-Anreize unter den TeilnehmerInnen	Aug 2014
Kurzinformation der TeilnehmerInnen über die wichtigsten Projektergebnisse	Okt 2014
Verfassen des Schlussbericht	Juli – Aug 2014

Datenbereinigung und Auswertung erfolgten laufend, sobald erste Daten vorlagen. Der letzte Teil des Projekts war dem Verfassen des Schlussberichts und dem administrativen Projektabschluss gewidmet.

Es soll an dieser Stelle angemerkt werden, dass dem Projekt ein sehr ambitionierter Zeitplan zu Grunde lag, welcher aufgrund verschiedener Verzögerungen laufend den neuen Begebenheiten angepasst werden musste. So erwies sich einerseits die Interessensabklärungen und Rekrutierung der TeilnehmerInnen als aufwändiger denn erwartet, was eine erste Verzögerung zur Folge hatte. Auch die Validierung der Lärmberechnungen erforderte mehr Zeit als eingeplant. Da zu diesem Zeitpunkt eine Zurückstellung des Gesamtprojekts nicht mehr möglich war, wurden fehlende Lärmwerte in der ersten Projektphase in Kauf genommen. Nicht zuletzt war die Finanzierung der zweiten Projekthälfte (ab Januar 2014) bis vor Beginn der Datenerhebung noch nicht schriftlich zugesichert, die Planung musste deshalb so ausgelegt werden, dass auch bei einem allfälligen Projektabbruch Ende 2013 möglichst aussagekräftige Daten vorlagen. Wir widmen den Lehren, welche wir aus diesen aufgetretenen Schwierigkeiten bei der Projektdurchführung gezogen haben, ein eigenes Kapitel am Ende dieses Berichts (Kapitel 8.5), damit künftige ähnliche Projekte von unseren Erfahrungen profitieren können.

Wir wählten für die Überprüfung unserer Forschungsfragen die Form eines quasi-experimentellen Feldexperiments mit einem Wartegruppendesign. Mit Feldexperiment bezeichnen wir den Umstand, dass die TeilnehmerInnen während ihrer realen Dienstfahrten beobachtet wurden (d.h. im Feld) und nicht in einer künstlichen Situation (z.B. in einem Fahrsimulator, oder auf ausgewählten Schulungsstrecken). Ursprünglich war ein vollständiges Wartegruppendesign geplant gewesen, das heisst, dass sämtliche Gruppen – zu unterschiedlichen Zeitpunkten gestaffelt – das Interventionsprogramm durchlaufen sollten. Aufgrund zeitlicher Verzögerungen war es leider nicht möglich, diesen Versuchsplan vollständig durchzuführen. Während die ersten beiden Gruppen das Interventionsprogramm zu unterschiedlichen Zeitpunkten absolvierten, dient die letzte Gruppe nun als Kontrollgruppe, sie durchlief das Programm erst nach Beendigung der Datenerhebung. Wir sprechen von einer quasi-experimentellen Studie, da es nicht sinnvoll war, die TeilnehmerInnen einzig nach dem Kriterium der Zufälligkeit den verschiedenen Gruppen zuzuordnen (dazu mehr in Kapitel 2.3.).

In Abbildung 2.1 wird das Forschungsdesign nochmals graphisch dargestellt: Gestartet wurde im September 2013 mit einer ersten Befragung zu Beginn der Aufzeichnung der Fahrdaten. Nach einem Monat startete die erste Interventionsgruppe mit dem Interventionsprogramm, welches 6 Wochen in Anspruch nahm, worauf die zweite Befragung folgte. Allfälligen witterungsbedingten Einflüssen wurde Rechnung getragen, indem sämtliche Gruppen von Dezember bis Februar eine Wartezeit hatten. Im März 2014 startete die zweite Interventionsgruppe ins Interventionsprogramm (Dauer wiederum 6 Wochen), wobei die dritte und vierte Befragung sämtlicher TeilnehmerInnen vor- respektive nachging. Ende Mai 2014 wurde die Erhebung der Fahrstildaten und damit auch die Berechnung der Lärmkennwerte beendet. Wie bereits erwähnt führten Verzögerungen der Validierung der Lärmkennwerte dazu, dass erst ab Dezember 2013 verlässliche Werte vorlagen, d.h. für die Gruppe 1 liegt lediglich eine Post-Interventionsmessung vor.

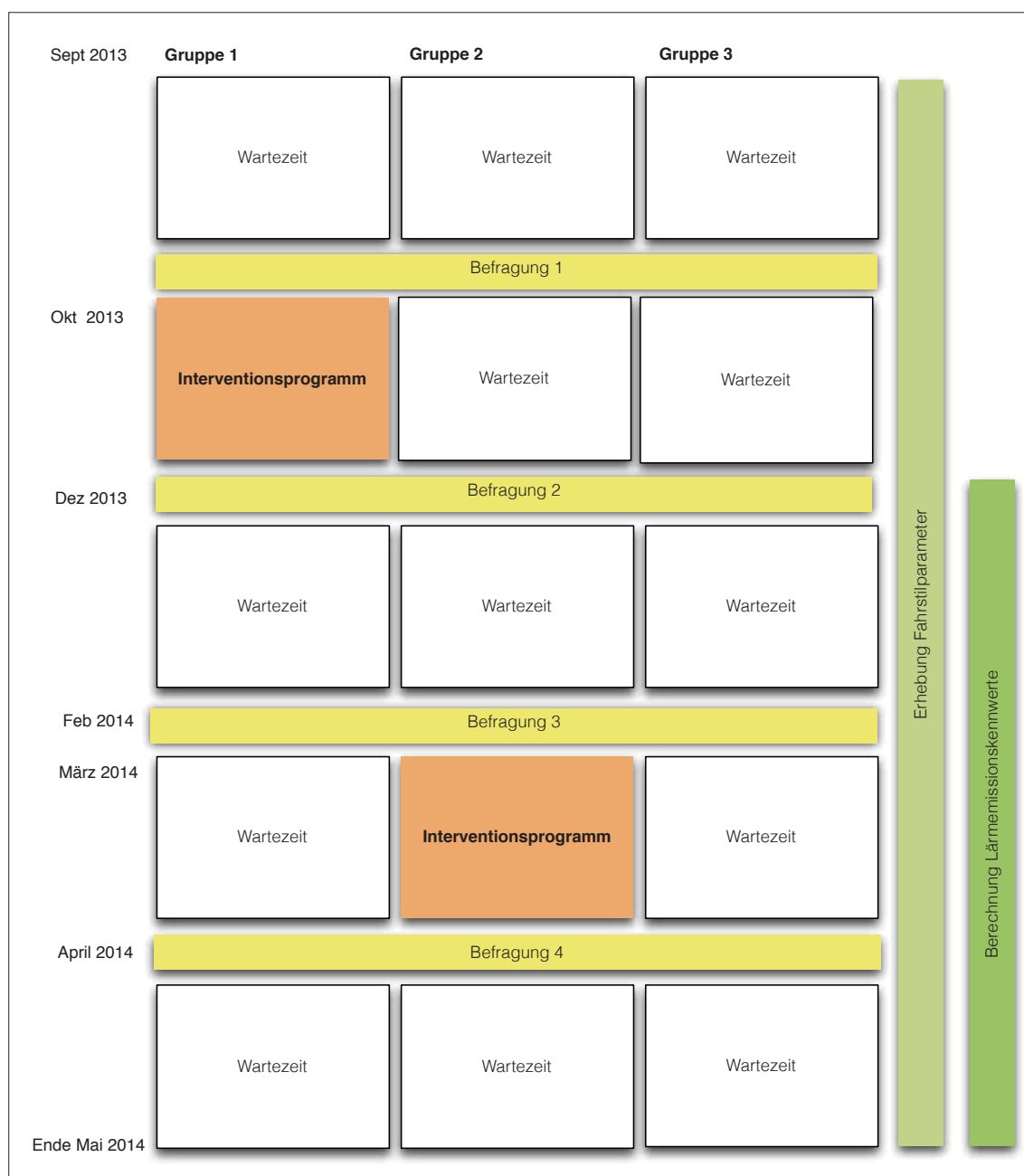


Abbildung 2.1 Forschungsdesign und Datenerhebung

2.2 Das Interventionsprogramm

Das Interventionsprogramm bestand aus drei Komponenten: einem „Sensibilisierungspaket“, einer halbtägigen Eco-Drive Fahrschulung der TeilnehmerInnen und anschliessend an die Fahrschulung während vier Wochen jede Woche eine Rückmeldung zum Fahrstil per E-Mail. Wir stellen diese drei Komponenten in den folgenden Unterkapiteln im Detail vor. Bei der inhaltlichen Gestaltung des Interventionsprogramms achteten wir darauf, möglichst viele in der vorangegangenen Forschung identifizierte Ansatzpunkte für Massnahmen anzusprechen (vgl. den Massnahmenkatalog in Fischer et al., 2013b).

Tabelle 2.2 vermittelt eine Übersicht über die Ansatzpunkte aus dem zu Grunde gelegten Modell (vgl. Abbildung 1.1) und die Komponenten des Interventionsprogramms, mit welchen die jeweiligen Ansatzpunkte angesprochen wurden.

Tabelle 2.2 Übersicht über die mit den drei Komponenten des Interventionsprogramms angesprochenen Ansatzpunkte aus dem Modell individuellen lärmrelevanten Handelns

Ansatzpunkte	Paket	Fahrschulung	Rückmeldung
Zielabwägung			
Problembewusstsein: Wissen über Quellen und Auswirkungen von Lärm, sowie deren Ausmass kommunizieren	x		
Problembewusstsein: Negative Bewertung vermitteln	x		
Problembewusstsein: Vorurteile ansprechen	x		
Verantwortungsübernahme: Das Handeln der Lärmverursachenden in direkte Beziehung zum Problem setzen	x		
Persönliche Norm Strassenlärm: Empathie mit lärmbelasteten Personen wecken	x		
Soziale Norm Strassenlärm: Auf Personen hinweisen, welche es sinnvoll finden, wenig Lärm zu verursachen	x		
Zielabsicht: Einen positiven Zielzustand aktivieren	x		
Handlungsauswahl			
Einstellung zu Eco-Drive: Persuasive Argumente und Hinweisreize	x		
Soziale Norm Eco-Drive: Auf Personen hinweisen, welche es sinnvoll finden, Eco-Drive zu fahren	x		
Persönliche Norm Eco-Drive: Um Selbstverpflichtung bitten	x		
Einstellung zu Eco-Drive: Vorurteile gegenüber Eco-Drive abbauen		x	
Soziale Norm: Soziale Unterstützung fördern		x	
Handlungsspielraum: Zugang zu Informationsquellen und Lernmöglichkeiten vereinfachen		x	
Handlungsspielraum: Erste Erfolgserlebnisse schaffen		x	
Handlungsspielraum: Modell-Lernen ermöglichen		x	
Handlungsplanung und -umsetzung			
Erlernen der korrekten Anwendung: Korrekte Anwendung im Fahrzeug mit direkter, praktischer Umsetzungsmöglichkeit vermitteln		x	
Erlernen der korrekten Anwendung: Rückmeldungen zur Anwendung von Eco-Drive		x	
Erlernen der korrekten Anwendung: Korrekte Anwendung ausserhalb des Fahrzeugs vermitteln			x
Handlungsverfestigung			
Handlungskontrolle: An die Absicht, Eco-Drive anzuwenden erinnern			x
Handlungskontrolle: An spezifische Eco-Drive Regeln erinnern			x
Handlungskontrolle: Zur Selbstüberwachung der Anwendung von Eco-Drive anregen			x
Handlungsevaluation: Handlungsergebnisse und deren (positive) Auswirkungen rückmelden			x
Handlungsevaluation: Zusätzliche, Eco-Drive förderliche Konsequenzen schaffen			x

2.2.1 Sensibilisierungspaket

Zu Beginn der Fahrschulungen wurden die TeilnehmerInnen durch eine Angehörige der Forschungsgruppe der Universität Bern begrüsst. Diese bedankte sich bei den TeilnehmerInnen fürs Mitmachen, erläuterte den Hintergrund des Projekts, überreichte den TeilnehmerInnen das „Sensibilisierungspaket“ und stellte die Paketinhalte kurz vor. Das Paket bestand aus einer Papiertüte mit folgenden Inhalten (vgl. Abbildung 2.2):

- Infofalter (2x)
- Taschennotfallset mit Projektlogo (2x)
- Schokolade mit Projektlogo (2x)
- Begleitbrief

Hauptkomponente des Pakets war ein doppeltgefalteter Infofalter (Falzflyer), dessen Vorder- und Rückseite in Abbildung 2.3 dargestellt sind. Die Inhalte des Infofalters wurden durch das Projektteam der Universität Bern, basierend auf Erkenntnissen aus Fischer et al. (2013b) gestaltet und mit den verschiedenen Projektpartnern abgesprochen. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um:

- Bildliche Darstellung eines positiven Zielzustands mit dem Slogan „Gemeinsam gegen Strassenlärm“. Dieses Element wurde zudem als Projektlogo genutzt.
- Informationen zur Strassenlärmbelastung in der Stadt Ludwigshafen, personifiziert mit einem Statement einer betroffenen Person.
- Thematisierung von Vorurteilen zur Problematik, Vermittlung von Wirksamkeitsüberzeugungen („Wir alle können jedoch den Strassenlärm stark verringern“), sowie ein Statement einer Person mit Vorbildfunktion (in unserem Fall der Oberbürgermeisterin von Ludwigshafen).
- Vermitteln von Handlungsoptionen, darunter die Option „leiser Fahrstil“
- Impressum

Die Schokolade und das Notfallset sollten bei den Teilnehmenden eine positive Einstellung zum Projekt fördern und mit der Wiederholung des bildlichen Projektsujets an das Projekt und den positiven Zielzustand erinnern.

Die TeilnehmerInnen wurden gebeten, die doppelte Ausführung des Pakets an eine Person (ausserhalb des Mitarbeiterkreises der Stadtverwaltung) weiter zu geben und dieser vom Projekt und der eigenen Teilnahme zu erzählen. Mit dieser Variante einer Selbstverpflichtung sollte die persönliche Norm der TeilnehmerInnen zu den Projektzielen erhöht werden. Gemäss eigenen Angaben sind 80% der TeilnehmerInnen dieser Aufforderung nachgekommen.



Abbildung 2.2 Inhalte des Sensibilisierungspakets

Lärmbekämpfung

Viele Leute glauben, die Straßenlärmprobleme ließen sich mit einfachen Maßnahmen wie Lärmschutzwänden oder einem Wohnortwechsel beheben. Doch meist stellt sich die Lärmbekämpfung als viel komplizierter heraus. Denn die meisten lärmbeeinträchtigten Personen leben in städtischen Gebieten, wo bauliche Maßnahmen das Straßenbild erheblich stören würden. Auch ein Wohnortwechsel in eine ruhige, ländliche Gegend bringt keine Lösung der Lärmprobleme. Denn dadurch werden die Ruhe-Oasen auf dem Land lärmiger, und noch mehr Verkehr fließt in die Stadtzentren.

Kleine Beiträge von uns allen können jedoch den Straßenlärm stark verringern. Wir stellen Ihnen deshalb hier drei einfache Maßnahmen vor, die Sie selber umsetzen können:



"Bereits einfache Handlungen wie Eco-Drive können die Lärmbelastung spürbar reduzieren. Das ist ein Beitrag zum Umweltschutz und zur guten Lebensqualität in Ludwigshafen."

Oberbürgermeisterin
Dr. Eva Lohse

Impressum

Herausgeber: Universität Bern
Interkulturelle Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie
Schanzeneckstrasse 1
Postfach 8573
CH-3001 Bern
www.ika.oe.unibe.ch

Redaktion: Dr. Stephanie Moser
Maja Fischer

Bildnachweis: **Titelbild:** © Mimi Potter/fotolia.com
Lärmbelastung in Ludwigshafen: Lärmkartierung 2012, Ludwigshafen
Bild Frau Dr. Lohse: Ludwigshafen, 2013
Bild Maßnahme 1: www.ecodrive.ch
Bild Maßnahme 2: © Europäische Union, 1995-2012
http://ec.europa.eu/energy/efficiency/tyres/labelling_de.htm
Bild Maßnahme 3: unityfinesmith,
Lizenz: Creative Commons by-sa-3.0-de

Stand: September 2013

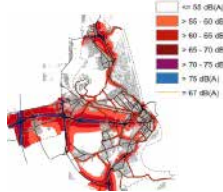
Dieser Informationsfalter ist im Rahmen des Pilotprojekts „Mit Eco-Drive gegen Straßenlärm“ entstanden. Dieses Projekt führt die Stadtverwaltung Ludwigshafen gemeinsam mit der Universität Bern im Rahmen eines Forschungsprojekts initiiert vom Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (BAFU) durch. Das Projekt wird unterstützt im Rahmen der Lärmaktionsplanung des Ministeriums für Umwelt, Landschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz und dem BAFU.




Gemeinsam gegen Straßenlärm



Lärmbelastung in Ludwigshafen



Strassenlärmbelastung in Ludwigshafen tagsüber (mehr Infos unter www.ludwigshafen.de/nachhaltig/umwelt/luft-und-laerm/umgebungslaermrichtlinie)


Strassenlärm erleben wir alle fast täglich. Doch manche Personen sind an ihrem Arbeitsplatz oder an ihrem Wohnort so viel und so lautem Strassenlärm ausgesetzt, dass dieser für sie gesundheitsschädigend ist. In Ludwigshafen betrifft dies laut der Lärmkartierung 2012 tagsüber 12 600 und nachts 13 300 Personen. Das sind rund 13% der Bevölkerung! Als Folge davon haben diese Personen nicht nur eine verminderte Wohnqualität, sondern sie können auch unter erhöhtem Blutdruck, Schlafstörungen, Nervosität und Anspannung leiden. Dauert die Lärmbelastung sehr lange an, steigt für diese Menschen auch das Risiko für Herz-Kreislauferkrankungen bis hin zum Herzinfarkt.

Wie sich dies für eine betroffene Person anfühlt, illustriert die Aussage von Herrn Gaul aus dem Stadtteil Maudach:

"Wenn nachts die Fenster geöffnet sind weckt mich der Verkehrslärm oft auf. Man meint die LKWs fahren durch den Garten."

Maßnahme 1: Leiser Fahrstil

Mit den Fahrregeln von Eco-Drive sind Sie bis zu 3 Dezibel leiser unterwegs – der Unterschied ist deutlich hörbar.



Ein einzelnes Fahrzeug mit einer hohen Drehzahl (4000 U/min) verursacht gleich viel Lärm, wie 20 Fahrzeuge mit geringer Drehzahl (2000 U/min), die in nebenstehender Abbildung illustriert wird.

Weitere Vorteile des leisen Fahrstils sind:

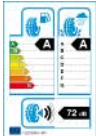
- 10% weniger Kraftstoffverbrauch und CO₂-Emissionen
- Geringeres Unfallrisiko
- Geringere Fahrzeugabnutzung
- Entspanntes Fahrgefühl

So fahren Sie leise, sicher und kraftstoffsparend:

- Beschleunigen Sie zügig. Fahren Sie nur eine Wagenlänge im ersten Gang.
- Schalten Sie bei Benzinmotoren bei 2500 U/min hoch (bzw. bei Dieselmotoren bei 1500 U/min) und möglichst spät runter. Fahren Sie im höchstmöglichen Gang.
- Fahren Sie vorausschauend und mit gleichmäßiger Geschwindigkeit. Vermeiden Sie unnötige Brems- und Schaltvorgänge.
- Schalten Sie den Motor auch bei ganz kurzen Wartezeiten (5-10 Sekunden) aus.

Weitere Information zu Eco-Drive finden Sie auf www.neues-fahren.de

Maßnahme 2: Leise Reifen




Wussten Sie, dass nicht alle Reifen gleich viel Geräusch machen? Neuerdings informiert Sie ein Reifenlabel über die Kraftstoff-effizienz, die Nasshaftung und Rollgeräusche. Damit finden Sie Reifen, die mehr als 3 Dezibel leiser sind als andere.

Prüfen Sie das Reifenlabel bei Ihrem nächsten Reifenkauf oder fragen Sie Ihren Reifenhändler nach Reifen mit geringem Rollgeräusch.

Weitere Informationen zu leisen, sicheren und energieeffizienten Reifen finden Sie auf <http://www.dasreifenlabel.de/>

Maßnahme 3: Leise Verkehrsmittel



Am wenigsten Lärm verursachen Sie, wenn Sie Ihre Wege wann immer möglich mit Ihrem Fahrrad, zu Fuß oder mit öffentlichem Verkehr zurücklegen anstatt mit Ihrem Auto oder Motorrad.

Um Ihre Verkehrsmittelwahl leiser und umweltfreundlicher zu gestalten, hilft Ihnen: www.der-takt.de

Abbildung 2.3 Aussenseite (oben) und Innenseite (unten) des Infofalters im „Sensibilisierungspaket“

2.2.2 Fahrschulung

Der zweite Teil des Interventionsprogramms umfasste eine halbtägige Fahrschulung der TeilnehmerInnen, welche von professionellen Fahrtrainern durchgeführt wurde. Die Interventionsgruppe 1 besuchte die Fahrschulung im Oktober 2013, die Interventionsgruppe 2 im März 2014.

Bei der Vergabe dieses Auftrags wurden Angebote verschiedener Schulungsanbieter geprüft, wobei insbesondere Wert auf folgende Kriterien (abgeleitet aus den Erkenntnissen in Fischer et al. (2013b, vgl. auch Tabelle 2.2.) gelegt wurde:

- Detaillierte Rückmeldungen zum Fahrstil anhand von Vorher-Nachher-Vergleichen von aufgezeichneten Fahrstilparametern (Visualisierung der Lernerfolge)
- Schulung in den Dienstfahrzeugen der Stadtverwaltung
- Schulung auf Strecken in der Stadt Ludwigshafen
- Vermittlung von konkretem Handlungswissen, Beschreibung der Vorteile von Eco-Drive und Abbau von Vorurteilen gegenüber Eco-Drive
- Schulung in Gruppen, damit Modell-Lernen ermöglicht wird

Zudem sollten die Schulungen aufgrund des gedrängten Zeitplans relativ konzentriert durchgeführt werden, d.h. innerhalb von 1-2 Wochen pro Gruppe. Beim Zuschlag wurden diese Kriterien höher gewertet als finanzielle Aspekte. Wir entschieden uns letztendlich für die internen Trainer unseres Projektpartners Modern Drive Technology GmbH, da ihr Angebot die von uns aufgestellten Kriterien am besten erfüllte.

Für die theoretischen Teile der Fahrschulung stellte die Stadtverwaltung Ludwigshafen Räumlichkeiten zur Verfügung, für die praktischen Teile wurde eines der Projektfahrzeuge zu einem Schulungsfahrzeug umgerüstet, verwendet wurde hierzu der für Schulungszwecke entwickelte Fahrdatenrekorder Modell „MD eco“⁴ der Firma Modern Drive Technology GmbH.

Die TeilnehmerInnen besuchten die Fahrschulung in Kleingruppen von 3-4 Personen. Nach der gemeinsamen Begrüssung der Gruppe durch eine Angehörige der Forschungsgruppe der Universität Bern und den Fahrtrainer wurde den TeilnehmerInnen das Sensibilisierungspaket überreicht (vgl. Kapitel 2.2.1) und der Ablauf der Schulung erklärt.

Als erstes absolvierte danach jeder Teilnehmer und jede Teilnehmerin eine Fahrt im Schulungsfahrzeug auf einer ausgewählten Strecke von 9 Kilometern, begleitet vom Trainer und den anderen TeilnehmerInnen. Diese Strecke umfasste möglichst verschiedene Fahrsituationen (z.B. Stadt- und Überlandverkehr). Während dieser Fahrt erfolgten keine Instruktionen durch den Trainer, vielmehr sollten die TeilnehmerInnen die Strecke in ihrem gewohnten Fahrstil abfahren. Verschiedene Fahrparameter wurden mit dem Schulungsgerät aufgezeichnet.

Danach absolvierten die TeilnehmerInnen einen theoretischen Schulungsblock, in welchem der Trainer die Regeln von Eco-Drive erläuterte und auf die Vorteile von Eco-Drive einging. Daraufhin fuhren die TeilnehmerInnen nochmals die gleiche Strecke ab, diesmal unterstützt durch Instruktionen des Trainers.

Nach Abschluss der zweiten Runde erfolgte eine gemeinsame Auswertung der Fahrten. Die Fahrdaten wurden ausgelesen, gemeinsam besprochen und in Form einer Urkunde für die TeilnehmerInnen ausgedruckt. Der Trainer erläuterte die einzelnen Werte auf der Urkunde und wies auf weitere Verbesserungsmöglichkeiten hin. Die Schulung endete mit einem Austausch zwischen den TeilnehmerInnen über das Gelernte.

2.2.3 Wöchentliche Rückmeldungen zum eigenen Fahrstil

Im dritten Teil des Interventionsprogramms erhielten die TeilnehmerInnen während vier Wochen jede Woche eine E-Mail mit Informationen zu ihrem persönlichen Fahrstil während der vergangenen Woche. Die E-Mail enthielt folgende Inhalte:

⁴ <http://moderndrive.de/hp535/Messgeraet-MD-eco.htm?ITServ=C7d29a3f6X147a5d96797X39ce>, heruntergeladen am 05.08.2014

- Einen zusammenfassenden Überblick über Kraftstoffverbrauch, durchschnittliche Drehzahl, Beschleunigung und Schubabschaltung. Die TeilnehmerInnen wurden auf besonders gute Fortschritte farblich und mittels Smiley hingewiesen.
- Einen Vergleich dieser Werte mit denjenigen der vorherigen Woche(n), mit denjenigen anderer FahrerInnen auf dem selben Fahrzeug, sowie einem anzustrebenden Zielwert.
- Eine individuelle Empfehlungen in schriftlicher Form zur Verbesserung des Fahrstils.
- Eine detaillierte graphische Darstellung der Entwicklung und schriftliche Erläuterung folgender Werte, wobei besonders begrüßenswerte Entwicklungen wiederum mit Smiley gekennzeichnet waren: Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch, durchschnittliche Drehzahl, Schubabschaltung und Beschleunigungsindex.
- Eine Wiederholung der wichtigsten Eco-Drive Regeln.

Ein anonymisiertes Beispiel einer solchen Rückmeldung zum Fahrstil ist im online Anhang A dargestellt.⁵

Die Inhalte der Rückmeldungen waren durch die Forschenden der Universität Bern, basierend auf Fischer et al. (2013b) gestaltet worden. Eine erste Version der Inhalte der E-Mails wurde aufgrund der Rückmeldungen der Projektpartner, sowie externer Experten überarbeitet. Die Inhalte sollten im Wesentlichen das korrekte Erlernen, die Handlungskontrolle, sowie die positive Handlungsevaluation der TeilnehmerInnen verbessern (vgl. Tabelle 2.1).

Da es sich bei unserer Art von Rückmeldungen um einen Prototypen handelte, wurden die Rückmeldungen manuell von den Forschenden der Universität Bern aus den vorliegenden Fahrdaten berechnet, gelayoutet und an die einzelnen TeilnehmerInnen verschickt. TeilnehmerInnen, welche mehrere Fahrzeuge fuhren, erhielten eine separate Rückmeldung pro Fahrzeug.

Dieses Vorgehen erlaubte eine grosse Nähe zu den Daten und damit ein schnelles Entdecken von technischen und Verhaltensfehlern. Es trat allerdings das Problem auf, dass während der Zeit der Rückmeldungen nicht für alle betreffenden FahrerInnen für sämtliche vier Wochen Fahrdaten vorlagen. Ursachen hierfür waren:

- dass die TeilnehmerInnen zum Teil eher selten Dienstfahrten machten und deshalb in der entsprechenden Zeitperiode nicht gefahren waren
- dass die TeilnehmerInnen vergassen, sich vor der Fahrt einzuloggen, respektive die Login-Technik nicht funktionierte
- dass die Aufzeichnung der Fahrdaten im entsprechenden Fahrzeug zeitweilig nicht funktionierte

Falls es aus einem dieser Gründe nicht möglich war, eine personalisierte Rückmeldung auszustellen, basierte die verschickte Rückmeldung auf den alten Fahrten der angeschriebenen Person, sowie auf den neuen und alten Fahrten der anderen FahrerInnen desselben Fahrzeugs. In diesem Fall konnten keine auf die Person zugeschnittenen Empfehlungen gegeben und auch nur ein Teil der Vergleiche angestellt werden. Falls wegen komplett fehlender Daten auch diese Rückmeldung nicht möglich war, erhielten die TeilnehmerInnen eine Benachrichtigung, welche sie ans Projekt erinnerte und sie bat, sich bei jeder Fahrt einzuloggen. Tabelle 2.3 gibt einen Überblick über die Zahl der TeilnehmerInnen, welche die unterschiedlichen Arten der Rückmeldung erhielten. Aufgrund eines sehr restriktiven Vorgehens bei der Datenbereinigung und eines Auswertungsverfahrens, welches nur Personen berücksichtigte, für welche Daten zu mehreren Zeitpunkten Daten vorlagen, flossen schlussendlich keine Daten von Personen in die Fahr- und Lärmdatenauswertung ein, welche nie eine Rückmeldung bekommen hatten.

Aus diesen Gründen muss festgehalten werden, dass die Fahrerrückmeldungen nur bedingt ihren Zweck als Information über den Fahrstil der TeilnehmerInnen erfüllen konnten. Vielmehr muss ihre Wirkung als regelmässiger Erinnerungshinweis an die Teilnahme am Interventionsprogramm gewertet werden.

⁵ Sämtliche Anhänge sind online erhältlich unter: <http://boris.unibe.ch/id/eprint/66914>

Tabelle 2.3 Übersicht über die Anzahl TeilnehmerInnen, welche die verschiedenen Arten des Feedbacks erhielten

Anzahl Rückmeldungen	Gruppe 1 (N=34)	Gruppe 2 (N=25)
4x (andere TN oder personifiziert)	22	20
3x (andere TN oder personifiziert)	2	1
2x (andere TN oder personifiziert)	1	1
1x (andere TN oder personifiziert)	4	1
Total Personen mit mindestens 1x Rückmeldung	29 (85%)	23 (92%)
4x (personifiziert)	5	6
3x (personifiziert)	3	2
2x (personifiziert)	8	2
1x (personifiziert)	13	4
Total Personen mit mindestens 1x personifizierten Rückmeldung	29 (85%)	14 (56%)

2.3 Teilnehmende Personen und Fahrzeuge

2.3.1 Die Stadtverwaltung Ludwigshafen

Ludwigshafen ist eine Stadt mit gut 160'000 EinwohnerInnen, sie liegt am Rhein im Bundesland Rheinland-Pfalz im Süden von Deutschland. Mit einem Anteil von 12'600 Personen tagsüber⁶ und 13'300 Personen nachts⁷ ist sie stark durch Strassenlärm belastet.

Im vorliegenden Projekt nahmen Mitarbeitende der Kernverwaltung der Stadtverwaltung Ludwigshafen teil sowie Mitarbeitende der an die Stadtverwaltung angegliederten Betriebe „Wirtschaftsbetriebe Ludwigshafen“ (WBL) und „Technische Werke Ludwigshafen“ (TWL). Diejenigen Mitarbeitenden dieser drei Bereiche, welche Dienstfahrzeuge⁸ benutzen, stellten unsere Grundgesamtheit dar: In den drei Bereichen arbeiten insgesamt 2088 Personen mit einer Berechtigung zur Benutzung der Dienstfahrzeuge. Das durchschnittliche Alter dieser Personen beträgt 46 Jahre, eine überwiegende Mehrheit dieser Personen ist männlich (62%). Tabelle 2.4 gibt einen Überblick über die Merkmale der Mitarbeitenden der verschiedenen Bereiche.

Tabelle 2.4 Merkmale der Mitarbeitenden (MA) der Stadtverwaltung Ludwigshafen, sowie der angegliederten Betriebe WBL und TWL (Stand März 2014)

	Kernverwaltung	Wirtschaftsbetriebe Ludwigshafen WBL	Technische Werke Ludwigshafen TWL	Insgesamt
Anzahl MA mit Zulassung	1007	524	557	2088
Durchschnittliches Alter (in Jahren)	47.652	47.231	43.5475	46.1435
Anteil männlicher MA (in %)	48.95%	78.81%	70.556%	62.212%

6 > 60dB(A)

7 > 55 dB(A)

8 „Dienstfahrzeuge“ beschränkten wir auf leichtere Fahrzeuge bis 3.5t. LKWs (> 3.5t) wurden nicht in die Studie mit einbezogen.

2.3.2 Rekrutierung und Information der TeilnehmerInnen

In einer ersten Runde wurden ab Januar 2013 die Mitarbeitenden der Kernverwaltung und Wirtschaftsbetriebe WBL durch den Bereich Umwelt der Stadtverwaltung über das Projekt informiert und zur Teilnahme eingeladen, nachdem die Personalräte dieser Bereiche das Projekt bewilligt hatten. Sämtliche Mitarbeitenden wurden durch ein Rundschreiben im Februar 2013 über die Studie informiert, Mitarbeitende mit häufiger Dienstwagennutzung wurden auch direkt mündlich durch einen Mitarbeiter der Stadtverwaltung angesprochen. Mit diesem Vorgehen konnten bis März 2013 74 Mitarbeitende für die Teilnahme gewonnen werden. Diese Zahl wurde als zu gering eingeschätzt, um das Projekt zu starten⁹.

In einer zweiten Runde präsentierte ab März 2013 eine Angehörige der Forschungsgruppe der Universität Bern das Projekt persönlich den Bereichsleitenden. Diese wurden gebeten, ihre Mitarbeitenden für eine Teilnahme am Projekt zu motivieren, zudem wurden die Bereichsleitenden mit Informationsbroschüren zum Projekt mit integriertem Anmeldetalon ausgerüstet, welche sie ihren Mitarbeitenden weitergeben konnten. Parallel dazu wurden die „Technischen Werke Ludwigshafen“ TWL als weiterer Bereich für die Teilnahme angefragt; auch hier wurde das Projekt vom Personalrat im Juni 2013 bewilligt. Nicht zuletzt liessen wir das Kriterium der Fahrhäufigkeit von ursprünglich „1x pro Woche“ fallen. Mit diesen zusätzlichen Massnahmen konnten bis Mai 2013 insgesamt 174 Mitarbeitenden (8% der potentiellen TeilnehmerInnen) für die Teilnahme am Projekt gewonnen werden.

Um den Anreiz für eine Teilnahme zu erhöhen, wurde eine Verlosung von 5 Gastronomie Gutscheinen im Wert von je 140 Euro zu Projektende durchgeführt.

Tabelle 2.5 gibt eine Übersicht über die Korrespondenz an die TeilnehmerInnen zum Projekt.

Tabelle 2.5 Vorgehen bei der Information der TeilnehmerInnen

Wann	Was	Bemerkung
Juli 2013	Erste Informationen zum Forschungsprojekt	
Aug 2013	Absage und Angebot der Zusatzschulung	Ging an diejenigen TN, deren Fahrzeuge sich nicht für die Datenerhebung eigneten
Aug 2013	Informationen zum Forschungsprojekt, Termine bis Ende Dezember 2013, Aufforderung zum Login	Unterschiedliche Versionen für die Gruppen 1, 2 und 3 aufgrund der unterschiedlichen Terminierung des Interventionsprogramms
Aug 2013	Mitteilung der Schulungstermine Gruppe ¹	
Sept 2013	Verteilung der Login-Chips ¹	Briefumschlag mit Login-Chip, Kurzanleitung ² und Begleitschreiben. Im Begleitschreiben wird den TN mitgeteilt, welches ihrer Dienstfahrzeuge mit dem Datenrekorder ausgerüstet wurde
Sept 2013	Einladung zu Befragung 1 mit persönlichem Link	Reminder nach 10 Tagen
Dez 2013	Einladung zu Befragung 2 mit persönlichem Link	Reminder nach 10 Tagen
Dez 2013	Informationen zum aktuellen Stand des Forschungsprojekts, Aufforderung, sich zu melden, falls Probleme beim Login auftreten, Termine bis Projektende	Unterschiedliche Versionen für die Gruppen 1, 2 und 3 aufgrund der unterschiedlichen Terminierung des Interventionsprogramms
Feb 2014	Einladung zu Befragung 3 mit persönlichem Link	Reminder nach 10 Tagen
Feb 2014	Mitteilung der Schulungstermine Gruppe 2 ¹	
April 2014	Einladung zu Befragung 4 mit persönlichem Link	Reminder nach 10 Tagen

Anmerkung: Nicht aufgeführt werden die Kontakte während der Interventionsprogramme (vor der Schulung und 4malige Rückmeldung zum Fahrstil per E-Mail).¹ Persönlicher Kontakt durch Mitarbeiter des Bereichs Umwelt der Stadtverwaltung. Sämtliche anderen Informationen erfolgten per E-Mail.² vgl. online Anhang B.

⁹ Ursprünglich war eine Mindestteilnahme von $N=400$ angestrebt worden. Nach dieser ersten Rekrutierungsrunde wurde das Studiendesign vereinfacht, so dass ein $N=100$ als Kriterium gesetzt werden konnte.

Diese Korrespondenz erfolgte per E-Mail. Aufgrund der geographischen Distanz zwischen dem Forscherteam und den TeilnehmerInnen wurde E-Mail Korrespondenz Briefpost vorgezogen. 10 TeilnehmerInnen gaben bei der Anmeldung an, ihre E-Mail nicht regelmässig zu lesen, respektive nicht über eine E-Mail Adresse zu verfügen. Diese Personen stimmten der Regelung zu, dass die Korrespondenz durch ihre Vorgesetzten an sie weiter geleitet werden sollen. Alternativ wurde den Personen angeboten, die Korrespondenz mit ihnen per Briefpost zu führen, die Regelung mit elektronischer Korrespondenz via Vorgesetzte wurde von den Betroffenen jedoch vorgezogen. In sämtlicher Korrespondenz ab August 2013 wurden die TeilnehmerInnen erneut gebeten, das Login vor jeder Fahrt nicht zu vergessen.

2.3.3 Vorgehen bei der Gruppeneinteilung

Da bei der Einteilung der TeilnehmerInnen in Interventions- und Kontrollgruppen die Bereichszugehörigkeit¹⁰ und Poolfahrzeugnutzung¹¹ beachtet werden mussten, entschieden wir uns gegen eine zufällige Gruppeneinteilung. Vielmehr versuchten wir, nebst Abteilung und gemeinsamem Poolfahrzeug die Gruppen in Bezug auf folgende Parameter möglichst ausgewogen aufzuteilen:

- Fahrhäufigkeit
- Poolfahrer vs. Einzelfahrer
- Geschlecht
- Eigenschaften des Fahrzeugs (Schaltung, Antrieb, Fahrzeugkategorie, vgl. hierzu Angaben in Tabelle 2.7)

Die Gruppeneinteilung wurde aufgrund des Stands der Anmeldungen im September 2013 vorgenommen. Diese ursprünglichen Gruppen veränderten sich im Laufe des Projekts leicht aufgrund von Abmeldungen und Ferienabwesenheiten während der ursprünglich vorgesehenen Interventionsphase. Die drei Gruppen wurden deshalb auf allfällige Ungleichverteilungen verschiedener Merkmale zwischen den Gruppen geprüft (vgl. folgendes Kapitel 2.3.4).

2.3.4 Charakterisierung der teilnehmenden Personen

Für die Teilnahme an der Studie hatten sich bis Mai 2013 insgesamt 174 Mitarbeitende der Stadtverwaltung angemeldet. 71 Personen mussten vor oder während der Durchführung ausgeschlossen werden, da sich ihr Fahrzeug technisch nicht für die Fahrdatenmessung eignete (Fahrzeug zu alt, Probleme bei der Datenaufzeichnung oder -übermittlung), 2 Personen schieden aufgrund von Pensionierung / Arbeitgeberwechsel während der Studie aus. 13 Personen meldeten sich während der Laufzeit der Datenerhebung aus dem Projekt ab. Von diesen 13 Personen lagen Fahrdaten aus max. 2 Fahrperioden vor, auch hatten die Personen höchstens zwei Befragungen ausgefüllt. Wir schlossen deshalb diese 13 ganz aus der Datenauswertung aus. Eine Person meldete sich gegen Ende der Datenerhebungsperiode aufgrund mangelnden Interesses ab. Zu diesem Zeitpunkt lagen von dieser Person zahlreiche Fahrdaten aus drei Zeitperioden vor. Die bis zu ihrem Austritt vorliegenden Daten dieser Person wurde deshalb in bei der Datenauswertung berücksichtigt. Insgesamt ergibt sich demnach eine Stichprobengrösse von 88 TeilnehmerInnen (4% der potentiellen TeilnehmerInnen), wobei 34 auf Gruppe 1, 25 auf Gruppe 2 und 29 auf Gruppe 3 entfallen.

In Tabelle 2.6 sind die Verteilungen verschiedener Merkmale in den drei Gruppen summarisch dargestellt. Der Altersdurchschnitt von 48 Jahren entspricht in etwa demjenigen der Grundgesamtheit, mit 72% sind in unserer Stichprobe die Männer jedoch leicht übervertreten (62% bei den Mitarbeitenden der Stadtverwaltung, welche für die Teilnahme an der Studie in Frage kamen).

Eine Überprüfung der Verteilungen zwischen den Interventions- und Kontrollgruppen ergab ausser der Betriebszugehörigkeit für keines der Merkmale signifikante Unterschiede in der Verteilung zwischen den Gruppen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die drei Gruppen über die verschiedenen Merkmale vergleichbar sind.

¹⁰ Da zum Zeitpunkt der Gruppeneinteilung die Finanzierung der 2. Studienhälfte noch nicht gesichert war, lag die Zusage der TWL erst bis Ende Dezember 2013 vor. Wir legten deshalb Wert darauf, die TeilnehmerInnen der TWL möglichst in Gruppe 1 einzuteilen.

¹¹ Personen, welche dieselben Poolfahrzeuge nutzten, stammten jeweils aus den gleichen Dezernaten. Es musste davon ausgegangen werden, dass diese TeilnehmerInnen sich über die Inhalte des Interventionsprogramms verständigen, und sie deshalb sinnvollerweise in die gleiche Interventionsgruppe eingeteilt werden sollten.

Tabelle 2.6 Charakterisierung der Gesamtstichprobe und der drei Gruppen

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3 (Kontrollgruppe)	Insgesamt	Test auf signifikante Unterschiede
Anzahl Personen	34 (39%)	25 (28%)	29 (33%)	88	
Durchschnittsalter	47 Jahre	48 Jahre	51 Jahre	48 Jahre	n.s.
% Anteil Männer	76%	71%	69%	72%	n.s.
Betrieb					signifikant
Kernverwaltung	50%	60%	72%	60%	
WBL	24%	32%	28%	27%	
TWL	27%	8%	0%	13%	
Antrieb					n.s.
Diesel	42%	46%	45%	44%	
Benzin	27%	17%	17%	22%	
Hybrid	26%	33%	35%	31%	
Fahrhäufigkeit (Dienstfahrten)					n.s.
Weniger als 1x pro Monat	0%	17%	11%	8%	
Ca. einmal pro Monat	21%	9%	19%	15%	
Ca. 1x pro Woche	35%	13%	33%	25%	
Mehrmals pro Woche	45%	61%	37%	42%	
Fahrzeugkategorie¹²					n.s.
Kategorie 0	3%	8%	7%	6%	
Kategorie 1	12%	13%	14%	13%	
Kategorie 2	9%	13%	10%	11%	
Kategorie 3	12%	4%	17%	12%	
Kategorie 4	3%	4%	0%	2%	
Kategorie 5	3%	8%	0%	4%	
Kategorie 6	6%	0%	3%	4%	
Kategorie 7	3%	0%	3%	2%	
Kategorie 8	39%	38%	35%	37%	
Kategorie 9	9%	6%	15%	10%	

Anmerkung: n.s. = kein auf dem $p < .05$ Niveau signifikanter Unterschied.

¹² Vgl. hierzu Tabelle 2.7

2.3.5 Charakterisierung der teilnehmenden Fahrzeuge

Der Fuhrpark der Stadtverwaltung Ludwigshafen umfasste 220 Fahrzeuge (Stand 2013) ohne Berücksichtigung der Lastkraftwagen (> 3.5t). Gemäss Erstzulassung liess sich ein durchschnittliches Alter von 6.9 Jahren ($SD = 4$ Jahre) feststellen.

Die 88 TeilnehmerInnen benutzen insgesamt 46 Fahrzeuge (21%), welche mit den Fahrdatenrekordern ausgerüstet wurden, in die Auswertungen der Fahr- und Lärmdaten flossen letztendlich Daten von 32 Fahrzeugen (15% des gesamten Fuhrparks) ein. Die Zusammensetzung des Fuhrparks in dieser Studie ergab sich einerseits aus den Fahrzeugen, welche von den Mitarbeitenden gefahren wurden, die sich für eine Teilnahme interessierten, andererseits musste auch eine Selektion bezüglich der Tauglichkeit dieser Fahrzeuge zur Ausrüstung mit den Fahrdatenrekordern vorgenommen werden. Dies betraf 48 Fahrzeuge von insgesamt 71 Personen, welche dadurch in der Studie nicht mitmachen konnten. Die Selektion führte dazu, dass der involvierte Fuhrpark eher neuere Modelle umfasste; die ältesten berücksichtigten Modelle wurden 2005 zugelassen, das durchschnittliche Alter des teilnehmenden Fuhrparks betrug 3.14 Jahre (Stand 2013).

Der Fuhrpark in unserer Studie umfasste eine relativ grosse Heterogenität von Modellen. So waren sowohl Lieferwagen wie auch kleine, mittlere und grosse Personenkraftwagen vertreten. Diese verfügten sowohl über Benzin, Diesel, wie auch Hybridantrieb. Sowohl handgeschaltete, wie auch automatisch geschaltete Fahrzeuge waren vertreten.

Tabelle 2.7 gibt einen Überblick über die in der Studie benutzten Fahrzeuge. Die Tabelle ist gegliedert nach 10 unterschiedlichen Fahrzeugkategorien, welche sich hinsichtlich Grösse und Antriebsart unterscheiden. Auch aufgeführt ist, wie viele der ursprünglich mit Fahrdatenrekordern ausgerüsteten Fahrzeuge letztendlich nicht in die Datenauswertung einflossen. Dieser Ausschluss führte nicht dazu, dass eine der 10 Kategorien nicht mehr vertreten gewesen wäre.

Tabelle 2.7 Charakterisierung der in der Studie benutzten Fahrzeuge

Grösse	Antrieb		Kurzbeschreibung der Fahrzeugkategorie
Lieferwagen	Diesel	Benzin / Hybrid	
Gross	Kategorie 0 (4 / 2 Fahrzeuge) Citroen Jumper Mercedes Sprinter	(nicht vertreten)	Max. Fahrzeuggewicht > 3000 kg Ladevolumen > 5 m ³ Motorenkapazität > 2 Liter
Mittel	Kategorie 1 (4 / 3 Fahrzeuge) Citroen Jumpy Mercedes Benz Vito <i>Opel Vivaro</i>	(nicht vertreten)	Max. Fahrzeuggewicht 2200 - 3200 kg Ladevolumen 3 – 7 m ³ Motorenkapazität 1,5 – 2,5 Liter
Klein	Kategorie 2 (7 / 5 Fahrzeuge) Citroen Belingo Citroen Nemo <i>VW Caddy</i>	Kategorie 6 (4 / 2 Fahrzeuge) Citroen Nemo <i>Citroen Belingo</i>	Max. Fahrzeuggewicht < 2500 kg Ladevolumen < 4 m ³ Motorenkapazität < 2 Liter
PKW			
Gross	Kategorie 3 (8 / 7 Fahrzeuge) Citroen C5 Mercedes Benz E350 bluetec Mercedes Benz T200 CDI VW Passat Kombi Audi A4 Kombi	Kategorie 7 (2 / 1 Fahrzeuge) Citroen C5 <i>Mercedes Benz Kombi</i>	Fahrzeuglänge > 440 cm Anzahl Passagiere > 4 Motorleistung > 80 kW
Mittel	Kategorie 4 (2 / 2 Fahrzeuge) Opel Astra VW Touran	Kategorie 8 (6 / 4 Fahrzeuge) Toyota Auris Opel Astra <i>Citroen C4</i> <i>VW Golf VI</i>	Fahrzeuglänge 400- 450 cm Anzahl Passagiere ≥ 4 Motorleistung 60-100 kW
Klein	Kategorie 5 (3 / 2 Fahrzeuge) Citroen C3	Kategorie 9 (6 / 4 Fahrzeuge) Opel Corsa Citroen C2 Citroen C3 <i>Ford Fiesta</i>	Fahrzeuglänge < 420 cm Anzahl Passagiere: normalerweise 2+2 Motorleistung < 80 kW

Anmerkung: Insgesamt wurden 46 Fahrzeuge mit Fahrdatenrekordern ausgerüstet, davon flossen Daten von 32 Fahrzeugen in die Auswertung ein. Bei jeder Kategorie steht in Klammer jeweils links die Anzahl Fahrzeuge, welche mit Fahrdatenrekordern ausgerüstet wurde und rechts die Anzahl, deren Daten in die Auswertungen einfließen. Die Modelle in Kursivschrift wurden ausgerüstet, die Daten flossen aber nicht in die Auswertung ein.

3 Datenerhebung, -bereinigung und -auswertung

Wir geben im folgenden einen Überblick über die Art der Datenerhebung, das Vorgehen bei der Datenbereinigung, sowie die verwendeten statistischen Auswertungsmethoden. Wir tun dies als erstes für die Fahr- und Lärmdaten (Kapitel 3.1), gefolgt von den Daten der schriftlichen Befragung (Kapitel 3.2).

3.1 Fahrdaten und Lärmwerte

3.1.1 Erhebung der Fahrdaten

Die Erhebung der Schulungsdaten (vgl. Kapitel 4) erfolgte mit dem Gerät „MD eco“¹³ der Firma Modern Drive Technology GmbH während der Fahrten, welche die TeilnehmerInnen während ihrer Fahrschulungen zurücklegten. Die Ergebnisse der Auswertungen dieser Daten werden in Kapitel 4 beschrieben.

Die Erhebung der Fahrdaten zur Evaluation des Interventionsprogramms (vgl. Kapitel 5) erfolgte mittels der Fahrdatenrekorder „MDlog“¹⁴ der Firma Modern Drive Technology GmbH (vgl. Abbildung 3.1), mit welchen sämtliche teilnehmende Fahrzeuge ausgerüstet wurden (für eine Dokumentation dieser Technologie vgl. van Dorsten, 2013). Diese Rekorder lesen im Bereich von zehn und 100 Millisekunden diverse Fahrstilparameter via CAN-Bus aus und schicken die Daten in aggregierter Form (je Fahrt) via Mobilfunknetz an den Server von Modern Drive Technology GmbH, von wo das Forscherteam der Universität Bern die Daten bezog.

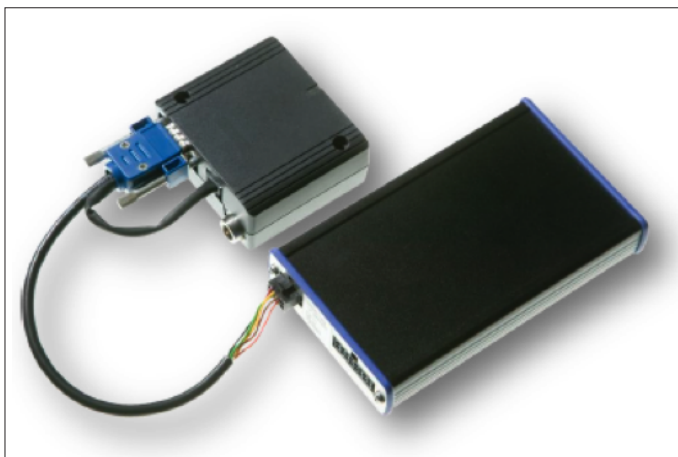


Abbildung 3.1 Der Fahrdatenrekorder MDlog, welcher die Fahrdaten via CAN-Bus ausliest (Bildquelle: Modern Drive Technology GmbH)

Um bei denjenigen Fahrzeugen, welche von mehreren TeilnehmerInnen genutzt wurden (Poolfahrzeuge), respektive auch von Nicht-TeilnehmerInnen gefahren wurden, die Fahrten den richtigen Personen zuordnen zu können, wurde ein Login-System installiert. Sämtliche TeilnehmerInnen erhielten einen persönlichen Chip, welchen sie vor jeder Fahrt an den entsprechenden Sensor (vgl. Abbildung 3.2) im Fahrzeug halten mussten, um sich einzuloggen.

Die TeilnehmerInnen erhielten zu Beginn der Datenerhebung im September eine schriftliche Kurzanleitung zum Login-Vorgang (vgl. online Anhang B). Im Fahrraum jedes Fahrzeugs wurde zudem ein Sticker angebracht, welcher die TeilnehmerInnen ans Einloggen erinnern sollte (vgl. Abbildung 3.3). Nicht zuletzt wurden die TeilnehmerInnen bei jeder Korrespondenz und Befragung zum Schluss gebeten, das Einloggen nicht zu vergessen.

¹³ <http://moderndrive.de/hp535/Messgeraet-MD-eco.htm?ITServ=C7d29a3f6X147a5d96797X39ce>, heruntergeladen am 05.08.2014

¹⁴ <http://moderndrive.de/hp537/Reporting.htm?ITServ=C7d29a3f6X147afe4c5afX4069>, heruntergeladen am 07.08.2014



Abbildung 3.2 Zum Login mussten die TeilnehmerInnen den persönlichen Chip an den Sensor (blaue Stelle) im Fahrzeug halten, um sich einzuloggen (Bildquelle: Stadtverwaltung Ludwigshafen)



Abbildung 3.3 Ein im Fahrraum angebrachter Sticker sollte die TeilnehmerInnen ans Einloggen erinnern (Bildquellen: eigene Darstellung)

Trotz dieser Bemühungen mussten wir feststellen, dass zahlreiche übermittelte Fahrten keiner/keinem Teilnehmenden zugeordnet werden konnten. Gründe hierfür sind:

- die TeilnehmerInnen vergassen, sich einzuloggen
- die Login-Technologie funktionierte teilweise nicht

Um dieser Problematik zu begegnen, wurde ein Teil der Fahrtenreservationsbücher der Fahrzeuge beigezogen und ein Teil der Fahrten manuell durch Mitarbeitende der Universität Bern abgeglichen.

In Tabelle 3.1 werden diejenigen mit den Fahrdatenrekorden erhobenen Fahrparameter aufgelistet, welche in die in diesem Bericht dokumentierten Auswertungen einfließen. Es sind dies insbesondere die durchschnittliche Drehzahl pro Fahrt, die Ruckartigkeit und die durchschnittliche Verzögerung mit Bremse (als Masse für vorausschauendes Fahren), sowie weitere Parameter, welche als Hilfskonstrukte benötigt wurden. Sämtliche Kennwerte lagen als Rohdaten je Fahrt vor.

Tabelle 3.1 Übersicht über diejenigen erhobenen Fahrparameter, welche in die weitere Datenberechnung und -auswertung einfließen

Fahrparameter	Bezeichnung	Einheit	Kurzbeschreibung (van Dorsten, 2013)
Durchschnittliche Drehzahl pro Minute über die Fahrt	ØUmdrehungen1min	U/min	Motorendrehzahl der Fahrt pro Minute gemittelt über die Fahrt
Ruckartigkeit (Durchschnittswert Beschleunigungsindex)	ØBeschl.Verz.Kennzahl	m/s ³	Mass für nervöses Fahren mit ständigem Beschleunigen und Abbremsen. Tiefe Werte deuten auf einen vorausschauenden, konstanten Fahrstil mit gering ausschlagenden Beschleunigungs- und Verzögerungswerten hin. Im Stadtverkehr sollte der Wert < 0.6m/s ³ liegen
Durchschnittliche Verzögerung mit Bremse	ØVerz.mitBremse	m/s ²	Durchschnittswert der negativen Beschleunigung während des Abbremsens. Der Verzögerungswert erhöht sich, je stärker gebremst wird.
Kraftstoffverbrauch	Verbrauchliter	l	Das während der Fahrt verbrauchte Kraftstoffvolumen in Litern.
Distanz	Distanz km	km	Während der Fahrt zurückgelegte km.
Dauer	Dauers	s	Gesamte Reisezeit, d.h. sowohl Fahr- wie auch Standzeit.
Dauer in Schubabschaltung	Schubab.Zeits	s	Aufsummierte Zeit, welche das Fahrzeug in Schubabschaltung (= Rollen ohne Gas zu geben)
Standzeit	Standzeits	s	Zeit der Fahrt, während welcher die Geschwindigkeit 0 war, d.h. das Fahrzeug stand ¹ .
Maximale Drehzahl der Fahrt	RPMmax	U/min	Während der Fahrt aufgetretene maximale Motorendrehzahl

Anmerkung: Die Fahrdaten wurden mit den Fahrdatenrekorder MDlog der Firm Modern Drive Technology GmbH erhoben. Die Werte der Rohdaten lagen je Fahrt vor. Die durchschnittliche Drehzahl pro Fahrt, die Ruckartigkeit und die durchschnittliche Verzögerung mit Bremse flossen unverändert in die Datenauswertung ein, sämtliche weitere in dieser Tabelle dargestellten Werte wurden als Hilfskonstrukte zur Berechnung weiterer Kennwerte verwendet. km=Kilometer; l=Liter; m=Meter; min=Minute; s=Sekunde; U=Umdrehungen.1 Die effektive Fahrzeit liess sich aus der Dauer unter Abzug der Standzeit berechnen. Dieser Wert war aber für die im weiteren berichteten Datenauswertungen nicht von Interesse.

Aus den Hilfskonstrukten liessen sich weitere Kennwerte berechnen¹⁵, welche als Indikatoren für einen Eco-Drive Fahrstil von besonderem Interesse waren. Es sind dies der Anteil der Fahrt in Schubabschaltung (als Mass für das Ausrollenlassen des Fahrzeugs), der Kraftstoffverbrauch in Litern pro 100 km, sowie der Kraftstoffverbrauch in Litern pro Stunde. Die Betrachtung dieser beiden Varianten des Kraftstoffverbrauchs ergibt ein besseres Bild der möglichen Kraftstoffeinsparungen, da lange Stillstandzeiten mit laufendem Motor (= Kraftstoffverbrauch ohne zurückgelegte Strecke) den ersten Kennwert stark erhöhen können. Der zweite, jedoch weniger gebräuchliche Kennwert wird durch diese Situation weniger stark beeinflusst. Ein kurzer Beschrieb dieser Parameter sowie ihre Berechnungsart finden sich in Tabelle 3.2.

Tabelle 3.2 Übersicht über die berechneten Fahrparameter

Fahrparameter; Kurzbeschreibung	Bezeichnung	Einheit	Berechnung
Anteil der Fahrzeit in Schubabschaltung	%Fahrzeit_Schubabschaltung	%	Dauer in Schubabschaltung / (Dauer-Standzeit)
Kraftstoffverbrauch 1	ØKraftstoffverbrauch1	Liter/100km	Kraftstoffverbrauch / Distanz * 100
Kraftstoffverbrauch 2	ØKraftstoffverbrauch2	Liter/Stunde	Kraftstoffverbrauch / (Dauer / 3600)
Durchschnittliche Geschwindigkeit	ØGeschwindigkeit	km/h	Distanz / ((Dauer-Standzeit) / 3600)
% Standzeit (sowohl mit laufendem und mit ausgeschaltetem Motor)	%Standzeit	%	Standzeit / Dauer * 100

Anmerkung: Die in dieser Tabelle dokumentierten Werte basieren auf den Hilfskonstrukten aus Tabelle 3.1. Schubabschaltung = Fahrsituation, in welcher das Fahrzeug rollt, ohne dass Gas gegeben wird (auch Motorenbremse genannt); Standzeit = Zeit in welcher das Fahrzeug eine Geschwindigkeit = 0 aufweist.

¹⁵ Diese Berechnung erfolgte, nach dem die Rohdaten wie im folgenden Abschnitt beschrieben, bereinigt worden waren.

3.1.2 Funktion zur Berechnung der Lärmwerte

Für dieses Projekt wurden die verwendeten Fahrdatenrekorder um eine mathematische Funktion erweitert, welche es erlaubte, aus erhobenen Fahrparametern verschiedene Kennwerte über die Geräuschemissionen der Fahrzeuge je Fahrt abzuleiten. Dieses Vorgehen basiert auf der Grundannahme, dass sich die Geräuschemissionen eines Fahrzeugs als eine Funktion der drei Parameter

- Fahrgeschwindigkeit (vehicle speed)
- Drehzahl (engine speed)
- Drehmoment (engine torque)

darstellen lassen (M+P, 2003). Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Funktion je nach Merkmalen der Fahrzeuge leicht variiert und damit je Fahrzeugkategorie leicht angepasst werden muss. Um die Parameter für die Gewichtung der Funktion je Fahrzeugtyp zu eruieren, wurden mit ausgewählten Fahrzeugen Messungen ihrer Geräuschemissionen vorgenommen. Die Erweiterung der Fahrdatenrekorder um die Funktion zur Berechnung der Lärmwerte erfolgte in folgenden Arbeitsschritten:

Schritt 1: Messungen der Geräuschemissionen ausgewählter Fahrzeuge

Schritt 2: Formalisierung entsprechender mathematischer Modelle

Schritt 3: Programmierung der Modelle in die Fahrdatenrekorder

Schritt 4: Validierung der Berechnungen

Schritt 1: Messungen der Geräuschemissionen ausgewählter Fahrzeuge

In einem ersten Schritt führte das Ingenieurbüro M+P im Juni 2013 mit ausgewählten Fahrzeugen aus dem teilnehmenden Fuhrpark Testfahrten durch. Es wurde davon ausgegangen, dass insbesondere die Fahrzeuggrösse, sowie der Antrieb des Fahrzeugs (Diesel vs. Benzin) zu Unterschieden in den Geräuschemissionen führen. Grundlage für diese Differenzierung bilden die Europäischen Verfügungen über Lärmgrenzwerte von Fahrzeugen und Reifen (ref UNECE regulation R51, ref UNECE Regulation R117). In diesen werden die Lärmgrenzwerte basierend auf Fahrzeuggrösse, Reifengrösse, Motorenleistung und Antriebsart (Diesel vs. Benzin) definiert. Ähnliche Zusammenhänge dieser Fahrzeugmerkmale mit den Geräuschemissionen wurden in einer Studie von M+P (M+P, 2003) gefunden; vereinfacht gesagt, führen also grössere Fahrzeuge und grössere Reifen zu höheren Lärmemissionen.

Die teilnehmenden Fahrzeuge wurde deshalb anhand dieser Merkmale zehn Kategorien zugeteilt (vgl. Tabelle 2.7). Aus jeder Kategorie wurde ein Fahrzeug für die Testfahrten ausgewählt.

Während der Testfahrten wurden die Geräuschemissionen während der Durchfahrt unter folgenden Bedingungen gemessen (vgl. Abbildung 3.4 und Abbildung im online Anhang E):

- Variierung der Drehzahl bei Motor im Leerlauf, während das Fahrzeug still steht (erlaubt Rückschlüsse auf die Motorengeräusche unter Null-Last)
- Ausrollen mit ausgeschaltetem Motor (erlaubt Rückschlüsse auf die Rollgeräusche)
- Durchfahrt im ersten Gang mit 100% Leistung (Vollgas) wobei die Geschwindigkeit konstant gehalten wurde, indem das untersuchte Fahrzeug ein zweites Fahrzeug abschleppte (erlaubt Rückschlüsse auf den Lasteinfluss der Motorengeräusche)

Zeitgleich wurden die jeweiligen Fahrsituationen mit den installierten Fahrdatenrekordern aufgezeichnet. Dies ermöglichte einen Abgleich der akustischen Messungen mit den aufgezeichneten Fahrdaten.

Für neun der zehn ausgewählten Fahrzeuge konnten erfolgreiche Messungen durchgeführt werden, bei einem Fahrzeug (der Kategorie 0, grosse Lieferwagen) traten bei der Installation der Fahrdatenrekorder Probleme auf, für diese Kategorie liegen deshalb keine kalibrierten Werte vor. Die Fahrzeuge der Kategorie 0 flossen deshalb nicht in die Auswertungen über die Lärmkennwerte (Kapitel 5.4) ein.



Abbildung 3.4 Messungen der Geräuschemissionen ausgewählter Fahrzeuge im Sommer 2013 (Bildquelle: M+P)

Schritt 2: Formalisierung entsprechender mathematischer Modelle

In einem nächsten Arbeitsschritt entwickelte das Ingenieurbüro M+P mathematische Modelle, welche die Beziehung zwischen den gemessenen Werten

- Fahrgeschwindigkeit in km/h (v)
- Drehzahl in rpm (n)
- Kraftstoffverbrauch in l/h (FC)¹⁶

sowie den auf Sekundenbasis berechneten Werten für

- Rollgeräusch
- gesamtes Motorengeräusch
- den mechanischen Anteil des Motorengeräuschs
- den Anteil des Motorengeräuschs, welcher auf die Verbrennung zurückzuführen ist

abbilden. Diese mathematischen Beziehungen sind in Tabelle 3.3 dargestellt. Sowohl in die Berechnung des mechanischen Teils des Motorengeräuschs wie auch des Teils, welcher auf die Verbrennung zurückzuführen ist, wurden konstante Koeffizienten berücksichtigt (a , b , c), welche es erlaubten, die unterschiedlichen Eigenheiten der verschiedenen Fahrzeugkategorien zu berücksichtigen.

Tabelle 3.3 Übersicht über die in den Fahrdatenrekorder auf Sekundenbasis berechneten Lärmwerte

Kennwert	Bezeichnung	Einheit	Mathematische Formalisierung
$L_{p,rol}$	Rollgeräusch	dB(A)	$L_{p,rol} = 7,0 + 32,8 * \log(v+0,001)$
$L_{p,pow}^2$	Gesamtes Motorengeräusch	dB(A)	If $n \leq 10$ $L_{p,pow} = 0$ If $n > 10$ $L_{p,pow} = 10 * \log(10^{L_{p,mech}/10} + 10^{L_{p,comb}/10})$
$L_{p,mech}^2$	Mechanischer Teil Motorengeräusch	dB(A)	$L_{p,mech} = a + 0,0065 * n$
$L_{p,comb}^2$	Teil Verbrennung Motorengeräusch	dB(A)	$L_{p,comb} = b + c * n + 30 * \log(1000 * FC / (n+1) + 0,001)$

Anmerkung: v = Fahrgeschwindigkeit in km/h; n = Drehzahl in rpm; FC = Kraftstoffverbrauch in l/h; a , b , c = Koeffizienten zur Gewichtung je Fahrzeugtyp. Wert wurde je Datenmessung (1x pro Sekunde) vom Datenrekorder berechnet, jedoch nicht weiter gespeichert.

Mittels linearer Regressionsanalysen wurde auf der Basis der unter Schritt 1 gemessenen Werte bestimmt, welche Gewichtung je Fahrzeugkategorie vorgenommen werden musste, um den entsprechenden Kennwert in Tabelle 3.3 möglichst gut vorherzusagen. Die Gewichtungskoeffizienten a , b und c , welche schlussendlich

¹⁶ Der Kraftstoffverbrauch wurde als Proxy für das Drehmoment verwendet, welches als Wert von den Fahrdatenrekordern nicht erhoben wurde.

in die Gleichungen einflussen, sind in Tabelle 3.4 dargestellt. Die bisher beschriebenen Berechnungen wurden auf Sekundenbasis von den einzelnen Fahrdatenrekorden ausgeführt, wobei die Fahrdatenrekorder je nach Fahrzeugtyp mit den unterschiedlichen Gewichtungskoeffizienten programmiert worden waren. Zur Übermittlung der Daten an den zentralen Server mussten die Daten jedoch weiter je Fahrt komprimiert werden, damit die Datenmenge übermittelbar war. Die Werte aus Tabelle 3.3 wurden zu folgenden Kennwerten aggregiert, welche schlussendlich als Masse für die Geräuschemissionen für die Datenauswertung vorlagen:

- Gemittelter Summenpegel des Rollgeräuschs je Fahrt
- Gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs je Fahrt
- Maximalpegel des Motorengeräuschs der Fahrt
- Prozentualer Anteil der Fahrt > 60 dB(A)
- Prozentualer Anteil der Fahrt > 64 dB(A)
- Prozentualer Anteil der Fahrt > 68 dB(A)
- Prozentualer Anteil der Fahrt > 72 dB(A)
- Prozentualer Anteil der Fahrt > 76 dB(A)

Tabelle 3.4 Übersicht über die je Fahrt aggregierten Lärmwerte, welche als Rohdaten für die Auswertungen vorlagen

Fahrzeugkategorie	Koeffizient a	Koeffizient b	Koeffizient c
0 (Lieferwagen gross, Diesel)	Keine Werte vorliegend		
1 (Lieferwagen, mittel, Diesel)	48	40	0
2 (Lieferwagen klein, Diesel)	44	44	0
3 (PKW gross, Diesel)	46	40	0
4 (PKW mittel, Diesel)	45	42	0
5 (PKW klein, Diesel)	44	44	0
6 (Lieferwagen klein, Benzin)	43	34	3E-03
7-9 (PKW klein-gross, Benzin)	39	31	3E-03

Die gemittelten Summenpegel und der Maximalpegel des Motorengeräuschs sind dabei als Emissionswerte im Abstand von 7.5 Metern seitlich des Fahrzeugs zu verstehen. Die Herleitung dieser Werte aus den Werten in Tabelle 3.3 wird in der folgenden Tabelle 3.5 dargestellt.

Tabelle 3.5 Übersicht über die je Fahrt aggregierten Lärmwerte, welche als Rohdaten für die Auswertungen vorlagen

Kennwert	Bezeichnung	Einheit	Mathematische Formalisierung
Leq,rol	Gemittelter Summenpegel des Rollgeräuschs	dB(A)	$Leq,rol = SEL,rol(T=final) - 10 \cdot \log(Ttrip)$, wobei $SEL,rol = 10 \cdot \log(10^{SEL,rol(T=t-1)/10} + 10^{(Lp,rol/10)})$; $SEL,rol(T=0) = 0,001$
Leq,pow	Gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs	dB(A)	$Leq,pow = SEL,pow(T=final) - 10 \cdot \log(Ttrip)$, wobei $SEL,pow = 10 \cdot \log(10^{SEL,pow(T=t-1)/10} + 10^{(Lp,pow/10)})$; $SEL,pow(T=0) = 0,001$
Lmax,pow	Maximalpegel des Motorengeräuschs	dB(A)	$Lmax,pow(T=final)$, wobei $Lmax,pow = \max(Lmax,pow(T=t-1), Lp,pow)$
Uperc	Anteil der Fahrt, in welcher das Motorengeräusch > 60dB(A)	%	$Uperc = U(T=final) / Ttrip$, wobei $U = U(T=t-1) + (If(Lp,pow > 60; 1; 0))$; $U(T=0) = 0$
Wperc	Anteil der Fahrt, in welcher das Motorengeräusch > 64dB(A)	%	$Wperc = W(T=final) / Ttrip$, wobei $W = W(T=t-1) + (If(Lp,pow > 64; 1; 0))$; $W(T=0) = 0$
Xperc	Anteil der Fahrt, in welcher das Motorengeräusch > 68dB(A)	%	$Xperc = X(T=final) / Ttrip$, wobei $X = X(T=t-1) + (If(Lp,pow > 68; 1; 0))$; $X(T=0) = 0$
Yperc	Anteil der Fahrt, in welcher das Motorengeräusch > 72dB(A)	%	$Yperc = Y(T=final) / Ttrip$, wobei $Y = Y(T=t-1) + (If(Lp,pow > 72; 1; 0))$; $Y(T=0) = 0$
Zperc	Anteil der Fahrt, in welcher das Motorengeräusch > 76dB(A)	%	$Zperc = Z(T=final) / Ttrip$, wobei $Z = Z(T=t-1) + (If(Lp,pow > 76; 1; 0))$; $Z(T=0) = 0$

Anmerkung: Die Werte wurden von den Datenrekorder auf der Basis der in Tabelle 3.3 dargestellten Modelle je Fahrt aggregiert und in dieser Form an das Datenportal übermittelt

Schritt 3: Programmierung der Modelle in die Fahrdatenrekorder

Die mathematischen Modelle wurden im August 2013 von den Mitarbeitern der Firma Modern Drive in den entsprechenden Fahrdatenrekordern programmiert, wodurch die Fahrdatenrekorder je Fahrt zusätzlich die in Tabelle 3.5 dargestellten Werte übermittelten.

Schritt 4: Validierung der Berechnungen

Die Validierung der berechneten Werte wurde vom Forscherteam der Universität Bern in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro M+P durchgeführt. Die Validierung wurde auf zwei Weisen vorgenommen: Zum einen wurden während der ersten vier Monate der Datenerhebung (September bis Dezember 2013) die vom Datenportal heruntergeladenen Werte wöchentlich auf unplausible Werte hin geprüft. Wenn solche auftraten, wurden mögliche Fehler eruiert und behoben. Dieses Vorgehen führte zu einer Adaption¹⁷ der mathematischen Modelle und einer Neuprogrammierung der Datenrekorder im Dezember 2013. Zum anderen wurden im Juni 2014 nochmals detaillierte Messungen an einzelnen Fahrzeugen vorgenommen, um zusätzliche Sicherheit über die Datenvalidität zu gewinnen. Diese Detailmessungen ergaben eine befriedigende Übereinstimmung der gemessenen und berechneten Werte mit den jeweiligen Fahrsituationen.

3.1.3 Datenbereinigung

Die Datenbereinigung der Fahrdaten und Lärmwerte hatte einerseits zum Ziel, eine hohe Datenqualität zu gewährleisten, andererseits sollte auch der Range der verschiedenen Fahrten für die Datenauswertung verkleinert werden. Einen Überblick über die angewandten Ausschlusskriterien liefert Tabelle 3.6:

Ausschluss sehr kurzer Fahrten

In der Startphase einer Fahrt sind die meisten Parameter (Kraftstoffverbrauch, Drehzahl, etc.) im Vergleich zu der Phase, in welcher die konstante Geschwindigkeit erreicht ist, erhöht. Bei sehr kurzen Fahrten ist im Vergleich zu längeren Fahrten die Startphase überproportional vertreten. Sehr kurze Fahrten von weniger als 500m oder weniger als 60 Sekunden wurden deshalb aus den Analysen ausgeschlossen.

Ausschluss von Fahrten mit sehr hoher Geschwindigkeit

Im Fokus unseres Interesses lagen Stadtfahrten. Bei hohen Geschwindigkeiten (Autobahnfahrten) kann mit der Eco-Drive Fahrweise relativ wenig ausgerichtet werden. Wir beschränkten unsere Datenanalyse deshalb auf Fahrten von $< 75 \text{ km/h}$ Durchschnittsgeschwindigkeit. Wir orientierten uns dabei an der Geschwindigkeitslimite von 70 km/h , welche auf der Ringstrasse von Ludwigshafen gilt.

Ausschluss von Zweitwagen

Um die Datenanalyse zu erleichtern, berücksichtigten wir pro Teilnehmenden nur dasjenige Fahrzeug, mit welchem er/sie am meisten Fahrten getätigt hatte. Fahrten, welche TeilnehmerInnen mit Zweitwagen unternommen hatten, wurden deshalb aus der Analyse ausgeschlossen. Dieses Verfahren führte nicht dazu, dass ein Fahrzeug völlig aus der Datenanalyse fiel, die maximale Anzahl von Fahrten auf Zweitfahrzeugen war mit 8 vernachlässigbar.

¹⁷ Bei der Adaption im Dezember 2013 wurde für $L_{p,pow}$ die „if“ Bedingung ergänzt, wie sie in Tabelle 3.3. dargestellt ist.

Tabelle 3.6 Übersicht über die Ausschlusskriterien der Datenbereinigung

Ausschlusskriterium	Ausgeschlossene Variablen
Ausschluss sehr kurzer Fahrten	
Distanz unter 0.5 Kilometer (Distanzkm < 0.5)	Daten der gesamten Fahrt
Dauer unter 60 Sekunden (Dauers < 60)	Daten der gesamten Fahrt
Kraftstoffverbrauch gleich 0 Liter (Verbrauchliter = 0)	Daten der gesamten Fahrt
Standzeit länger oder gleich Fahrdauer (Standzeits >= Dauers)	Daten der gesamten Fahrt
Ausschluss von Fahrten mit sehr hoher Geschwindigkeit	
Ausschluss von Fahrten mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit über 75 km/h	Daten der gesamten Fahrt
Ausschluss von Zweitwagen	
Ausschluss von Fahrten mit weniger häufig benützten Zweitfahrzeugen	Daten der gesamten Fahrt
Ausschluss unplausibler Werte	
0 als fehlenden Wert definiert	ØBeschl.Verz.Kennzahl ØUmdrehungen1min ØVerz.mitBremse Schubab.Zeits
Zeit mit Schubabschaltung länger als gesamte Fahrdauer (Schubab.Zeits > Dauers)	Schubab.Zeits
Unplausible Werte im Beschleunigungsindex (Muster von 0 und 1)	ØBeschl.Verz.Kennzahl
Ausschluss von Werten, welche gemäss einer Formel von Modern Drive negativ werden. Die Formel von Modern Drive lautet $\text{maximale Geschwindigkeit} - (\text{Distanz} / (\text{Dauer} - \text{Standzeit}) * 3600) + (\text{Dauer} - (\text{Zeit in Drehzahlklasse 1} + \text{Zeit in Drehzahlklasse 2} + \text{Zeit in Drehzahlklasse 3} + \text{Zeit in Drehzahlklasse 4} + \text{Zeit in Drehzahlklasse 5} + \text{Zeit in Drehzahlklasse 6} + \text{Zeit in Drehzahlklasse 7} + \text{Zeit in Drehzahlklasse 8}))$	Daten der gesamten Fahrt
Ausschluss von Ausreissern	
Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch über alle Fahrzeuge ausserhalb ± 3 absolute Abweichungen vom Median (Median Absolute Deviation MAD)	Daten der gesamten Fahrt

- Ausschluss unplausibler Werte

Unplausible Werte, welche während des laufenden Datenmonitorings entdeckt wurden (z.B. wenn die Zeit in Schubabschaltung länger dauerte als die ganze Fahrt), wurden mittels der in Tabelle 3.6 aufgelisteten Kriterien ausgeschlossen. Unplausible Werte konnten teilweise auf bestimmte Situationen (z.B. voller Russpartikelfilter) zurückgeführt werden, teilweise traten Fehler der Datenmessung auf. Diese wurden, sobald entdeckt, behoben.

- Ausschluss von Ausreissern

Nicht zuletzt wurden Ausreisser identifiziert und ausgeschlossen. Wir verwendeten hierzu das Kriterium der ± 3 absoluten Abweichungen vom Median (Median Absolute Deviation MAD; Leys, Ley, Klein, Bernard, & Licata, 2013). Im Gegensatz zum normalerweise gebräuchlichem Kriterium der ± 3 Standardabweichungen vom Mittelwert zur Identifikation von Ausreissern ist die absolute Abweichung vom Mittelwert nicht selbst durch mögliche Ausreisser verzerrt und damit ein robusteres Mass.

Für die Analysen der Lärmwerte wurden die Werte erst ab dem 18. Dezember 2013 berücksichtigt, d.h. ab dem Zeitpunkt, zu welchem die Validierung der laufend berechneten Parameter befriedigende Werte ergab, d.h. (unter Ausschluss der Werte der Fahrzeugkategorie 0) 95% der Werte plausibel erschienen. Um mögliche Mess- und Berechnungsfehler in den 5% verdächtigen Daten zu beheben, wurden verschiedene Ausschlusskriterien angewendet (vgl. Tabelle 3.7). Diese wurden zusätzlich zu den Ausschlusskriterien gemäss Tabelle 3.6 angewendet. Wenn durch eines dieser Kriterien ein verdächtiger Wert ermittelt werden konnte, wurden vorsichtshalber sämtliche Lärmwerte der entsprechenden Fahrt aus den Analysen ausgeschlossen.

Tabelle 3.7 Ausschlusskriterien zur Identifikation unplausibler Lärmwerte.

Ausschlusskriterium	Formale Darstellung
Maximalpegel des Motorengeräuschs grösser als der gemittelte Summenpegel	$L_{\max, \text{pow}} < L_{\text{eqpow}}$
Maximalpegel des Motorengeräuschs ausserhalb des Bereichs 40-80 dB(A) ¹	$L_{\max, \text{pow}} > 80$ oder $L_{\max, \text{pow}} < 40$
Gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs ausserhalb des Bereichs 40-75 dB(A) ¹	$L_{\text{eq, pow}} > 75$ oder $L_{\text{eqpow}} < 40$
Gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs, welcher eine bestimmte Richtgrösse, basierend auf der maximalen Motordrehzahl der Fahrt, übersteigt ¹	$L_{\text{eq, pow}} > (60 + (\text{RPM}_{\max} \cdot 0.002))$
Werte für die prozentualen Anteile der Lärmspitzen grösser als 100%	$U_{\text{perc}}, W_{\text{perc}}, X_{\text{perc}}, Y_{\text{perc}} \text{ oder } Z_{\text{perc}} > 1.000001$
Anteil an Fahrten über 60dB(A) kleiner als der Anteil an Fahrten über 64dB(A)	$U_{\text{perc}} < W_{\text{perc}}$
Anteil an Fahrten über 64dB(A) kleiner als der Anteil an Fahrten über 68dB(A)	$W_{\text{perc}} < X_{\text{perc}}$
Anteil an Fahrten über 68dB(A) kleiner als der Anteil an Fahrten über 72dB(A)	$X_{\text{perc}} < Y_{\text{perc}}$
Anteil an Fahrten über 72dB(A) kleiner als der Anteil an Fahrten über 76dB(A)	$Y_{\text{perc}} < Z_{\text{perc}}$
Fahrten, in welcher zu keiner Zeit mit Schubabschaltung gefahren wurde	Zeit mit Schubabschaltung = 0

Anmerkung: Wenn eines der obenstehenden Kriterien erfüllt war, wurden sämtliche Lärmwerte der entsprechenden Fahrt ausgeschlossen.¹ Der Range für valide Daten wurde basierend auf Erfahrungswerten des Ingenieurbüros M+P definiert.

Der Rohdatensatz umfasste 46'856 Fahrten. Von diesen konnten wir 14'944 Fahrten unseren TeilnehmerInnen zuordnen. Die restlichen Fahrten stammen von Fahrenden der Poolfahrzeuge, die sich nicht an der Studie beteiligten, sowie von Fahrten, bei welchen das Login vergessen wurde oder nicht funktionierte. Durch die Datenbereinigung reduzierte sich der Datensatz auf 9'666 Fahrten (65%). Der bereinigte Datensatz ist hinsichtlich Distanz (6.28km vs. 6.52km), Dauer (10.4min vs. 12.3min) und durchschnittlicher Geschwindigkeit (36.18 km/h vs. 32 km/h) mit dem Rohdatensatz vergleichbar.

3.1.4 Datenauswertung

Für die Auswertung der Daten der Fahrschulung (Kapitel 4) wurden deskriptive Darstellungen der Fahrdaten gewählt. Allfällige Unterschiede in den Schulungsdaten vor und nach dem Theorieblock wurden mittels t-Tests auf Signifikanz geprüft.

Die Analyse der Fahrdaten und Lärmwerte vor, während und nach Durchführung des Interventionsprogramms erfolgte, nebst deskriptiven Auswertungen, in zwei Schritten:

In einem ersten Schritt wurden Zusammenhangsanalysen mittels multipler linearer Regressionen gerechnet. Wir prüften, mit welchen Parametern sich die Varianz in den Parametern (das heisst den abhängigen Variablen):

- Durchschnittliche Drehzahl pro Fahrt (U/min)
- Ruckartigkeit (m/s^3)
- Durchschnittliche Verzögerung mit Bremse (m/s^2)
- Anteil Fahrzeit in Schubabschaltung (%)
- Kraftstoffverbrauch 1 (Liter/100km)
- Kraftstoffverbrauch 2 (Liter/Stunde)
- Gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs (dB(A))
- Maximalpegel des Motorengeräuschs (dB(A))
- Anteil der Fahrt über 60 dB(A) (%)¹⁸

erklären lassen. Diese Analysen dienten dazu, mögliche konfundierende Variablen zu identifizieren, welche die Effekte verzerren könnten, wenn sie über die verschiedenen Gruppen und Zeitpunkte nicht gleichmässig verteilt sind. Auf diese Analysen wird im Weiteren nur grob eingegangen, die statistischen Kennwerte können im online Anhang C eingesehen werden.

¹⁸ Wir verzichteten auf eine Auswertung der weiteren prozentualen Kennwerte (Anteil der Fahrt > 64 dB(A), > 68 dB(A), > 72 dB(A) und > 76 dB(A)). Dies, weil insgesamt nur sehr wenige Fahrten Peaks von > 64 dB(A) aufwiesen; bei sämtlichen Fahrten lag durchschnittlich nur 1.8% der Fahrzeit über 64 dB(A) und nur 0.2% der Fahrzeit über 68dB(A).

Für sämtliche abhängige Variablen ergaben die Regressionsanalysen signifikante Zusammenhänge mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit der entsprechenden Fahrten. Das heisst, die Geschwindigkeit beeinflusste massgeblich sämtliche Fahr- und Lärmparameter von Interesse. Damit in den folgenden Datenanalysen ausgeschlossen werden konnte, dass mögliche Interventionseffekte durch unterschiedliche Durchschnittsgeschwindigkeiten in den verschiedenen Bedingungen verdeckt würden, korrigierten wir die Daten um die Effekte der Geschwindigkeit. Wie in Tabelle 3.8 dargestellt, wurden dafür die einzelnen Werte der verschiedenen abhängigen Variablen mit den unstandardisierten Regressionskoeffizienten des Zusammenhangs zur Geschwindigkeit (vgl. hierzu die Analysen im online Anhang C) gewichtet. Dieses Vorgehen führte dazu, dass die folgenden Analysen für eine konstante durchschnittliche Geschwindigkeit von 34.76 km/h gelten.

Für die beiden Varianten des Kraftstoffverbrauchs wurde zudem die über die jeweilige Woche gemittelte Tagestemperatur als Prädiktor in den Regressionsanalysen berücksichtigt. Anders als in früheren Eco-Drive Studien (vgl. z.B. Degraeuwe & Beusen, 2013) erwies sich in unseren Regressionsanalysen der Temperatureffekt als gering. Um eine Interferenz der Temperatur völlig ausschliessen zu können, wurde aber nichtdestotrotz entschieden, den Kraftstoffverbrauch um die über die Woche gemittelte Tagestemperatur zu korrigieren, das heisst, für die durchschnittliche Temperatur konstant zu halten, die folgenden Analysen gelten demnach für die durchschnittliche Tagestemperatur von 8.69 Grad Celsius. Die Herkunft der Temperaturdaten ist im online Anhang D dokumentiert.

Tabelle 3.8 Korrektur der Fahrdaten um Geschwindigkeit und teilweise um die je Woche gemittelte Tagestemperatur

Bezeichnung	Berechnung
Korrigierte durchschnittliche Drehzahl pro Fahrt (U/min)	$\emptyset \text{Umdrehungen 1 min} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit}))$
Korrigierte Ruckartigkeit (m/s ³)	$\emptyset \text{Beschl. Verz. Kennzahl} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit}))$
Korrigierte durchschnittliche Verzögerung mit Bremse (m/s ²)	$\emptyset \text{Verz. mit Bremse} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit}))$
Korrigierter Anteil Fahrzeit in Schubabschaltung (%)	$\% \text{Fahrzeit_Schubabschaltung} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit}))$
Korrigierter Kraftstoffverbrauch 1 (Liter/100km)	$\emptyset \text{Kraftstoffverbrauch 1} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit})) - (B * (\text{Wochentemperatur} - M \text{Wochentemperatur}))$
Korrigierter Kraftstoffverbrauch 2 (Liter/Stunde)	$\emptyset \text{Kraftstoffverbrauch 2} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit})) - (B * (\text{Wochentemperatur} - M \text{Wochentemperatur}))$
Korrigierter gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs (dB(A))	$\text{Leq, pow} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit}))$
Korrigierter Maximalpegel des Motorengeräuschs (dB(A))	$\text{Lmax, pow} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit}))$
Anteil der Fahrt über 60 dB(A)	$\text{Uperc} - (B * (\emptyset \text{Geschwindigkeit} - M \emptyset \text{Geschwindigkeit}))$

Anmerkung: B = unstandardisierter Regressionskoeffizient aus den jeweiligen multiplen linearen Regressionen (vgl. online Anhang C); M = Mittelwert des jeweiligen Parameters

In einem zweiten Schritt prüften wir die Daten auf mögliche Unterschiede, welche auf die Teilnahme am Interventionsprogramm zurückzuführen sind. Hierzu unterteilten wir die Fahrdaten in 5 Zeitspannen, über welche wir die Werte jeweils mittelten. Wir stellten jeweils 2 Berechnungen an. In der ersten Berechnung interessierte uns, ob sich die Fahrdaten der Gruppe 1 im Vergleich zu den restlichen Personen (d.h. Gruppen 2 & 3) von vor (t1) zu während (t2) zu nach (t3) dem Besuch des Interventionsprogramms in ihrer Höhe veränderten. Dies ergibt ein 2(Gruppe) x 3(Zeitspanne) - Auswertungsdesign¹⁹. Wir prüften mögliche Unterschiede in diesem Design mit einer Varianzanalyse (ANOVA with mixed design).

In der zweiten Berechnung interessierte uns, ob sich die Fahrdaten der Gruppe 2 im Vergleich mit den restlichen Personen (d.h. Gruppen 1 & 3) von vor (t3) zu während (t4) zu nach (t5) dem Besuch des Interventionsprogramms in ihrer Höhe veränderten. Dies ergibt wiederum ein 2(Gruppe) x 3(Zeitspanne) - Aus-

¹⁹ Ideal wäre ein 3 x 3 Design gewesen, in welchem sämtliche 3 Gruppen getrennt betrachtet würden. Aufgrund der geringen Stichprobengrösse entschlossen wir uns jedoch, jeweils die beiden Gruppen, welche das Interventionsprogramm nicht besuchten, in eine Kontrollgruppe zusammen zu fassen.

wertungsdesign²⁰. Wir prüften mögliche Unterschiede in diesem Design mit einer Varianzanalyse (ANOVA with mixed design).

Es muss angemerkt werden, dass diese Signifikanztests ein eher strenges Kriterium sind, für welches eine grössere Stichprobe benötigt würde. Mit unserer Stichprobengrösse können nur grosse Effekte gefunden werden. Um auch mittlere Interaktionseffekte zu finden, wäre eine Stichprobengrösse von $N > 44$ benötigt worden (Poweranalyse mittels G*Power 3; vgl. Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007). Um dieser Problematik zu begegnen interpretieren wir auch marginal signifikante Effekte ($p < .20$), sowie Effektstärken mittlerer Grösse ($\eta_p^2 \geq .06$).

3.2 Schriftliche Befragung

3.2.1 Datenerhebung

Zu Beginn des ersten Interventionsblocks im September 2013, zum Ende des ersten Interventionsblocks im Dezember 2013, im Februar 2014 und nach dem zweiten Interventionsblock im April 2014 wurden sämtliche TeilnehmerInnen gebeten, einen Online-Fragebogen auszufüllen, wobei jeweils zweimal eine Erinnerung (Reminder) verschickt wurde. Insgesamt bekundeten drei Personen Mühe mit dem Online-Format, diesen wurde daraufhin eine Papierversion des Fragebogens zugestellt.

Der Rücklauf bei den Befragungen war gut, nahm aber im Verlaufe des Projekts ab; so nahmen an der ersten Befragung 74 Personen (88%) teil, an der zweiten Befragung 73 Personen (83%), an der dritten Befragung 59 (67%) und an der vierten Befragung 65 (74%).

Insgesamt haben 47 Personen an allen vier Befragungen teilgenommen (Gruppe 1: 17, Gruppe 2: 16, Gruppe 3: 14). Für die nachfolgenden Analysen war zudem von Interesse, dass 51 Personen an den ersten drei Befragungen und 54 Personen haben an den Befragungen 3 und 4 teilgenommen hatten.

Der verwendete schriftliche Fragebogen enthielt folgende Themenblöcke:

- Soziodemographische Angaben und Fragen zum Fahrzeuggebrauch, ggf. früherem Eco-Drive Kursbesuch
- Fragen zum eigenen Fahrstil (Selbsteinschätzung)
- Fragen zu Strassenlärm
- Fragen zu Eco-Drive
- Evaluation des Interventionsprogramms

Um die Fragebogenlänge möglichst kurz zu halten, wurden Angaben zu stabilen Merkmalen wie den soziodemographischen Merkmalen und dem Fahrzeuggebrauch nur in der ersten Befragung gestellt. Die Fragen zur Evaluation des Interventionsprogramms wurden nur den beiden Interventionsgruppen gestellt, und zwar jeweils in der Befragung, welche unmittelbar auf die Teilnahme folgte. Sämtliche anderen Fragen wurden allen drei Gruppen zu allen vier Befragungszeitpunkten gestellt.

Die Fragen (Items) zur Evaluation des Interventionsprogramms werden im entsprechenden Ergebniskapitel (Kapitel 7) dargestellt.

In Tabelle 3.9 sind die Fragen (Items) aufgeführt, auf welche sich die in Kapitel 6 beschriebenen Auswertungen konzentrieren. Als Antwortformat diente eine 6-stufige Likertskala von 1=„stimmt überhaupt nicht“ bis 6=„stimmt voll und ganz“. Jeweils drei Fragen bezogen sich auf den gleichen Inhalt, das heisst, es wurde angenommen, dass sie Messgrössen für das gleiche, latente (also nicht direkt messbare) Konstrukt sind. Um die Höhe des zugrunde liegenden Konstrukts abzubilden, wurde deshalb aus den jeweils drei zugehörigen Items der Mittelwert gebildet. So wird zum Beispiel das latente Konstrukt „Absicht, Strassenlärm zu vermeiden“ mit dem Mittelwert aus den drei in Tabelle 3.9 unterhalb dieses Konstrukts aufgelisteten Items abgebildet. Nebst der Absicht, Strassenlärm zu vermeiden, wurden so die Absicht, Eco-Drive zu fahren, die Initiierung von Eco-Drive, sowie eine möglichst vollständige Etablierung von Eco-Drive als Fahrstils in der Eigenwahrnehmung der befragten Personen erhoben.

²⁰ Vgl. Fussnote 19

Tabelle 3.9 Items und Skaleneigenschaften der in die Auswertungen einbezogenen Konstrukte der Befragung

Konstrukt / Item	Mittelwerte				Cr. Alpha
	t1	t2	t3	t4	
Absicht, Strassenlärm zu vermeiden	4.83	5.11	4.98	5.16	.97
Ich habe die Absicht, den durch mich verursachten Strassenlärm gering zu halten.	4.82	5.07	4.97	5.15	
Ich will andere Menschen möglichst wenig dem von mir verursachten Strassenlärm aussetzen.	4.91	5.17	4.98	5.15	
Es ist mein Ziel, Strassenlärm zu vermeiden.	4.77	5.07	4.98	5.22	
Absicht, Eco-Drive zu fahren	5.16	4.92	4.71	4.73	.89
Ich will in den nächsten zwei Monaten bei Dienstfahrten alle Eco-Drive Regeln vermehrt in die Praxis umsetzen.	5.28	5.10	4.84	4.80	
Ich beabsichtige, bei Dienstfahrten in den nächsten zwei Monaten alle Eco-Drive Regeln zu befolgen.	5.21	4.96	4.77	4.83	
Ich nehme an, dass ich alle Eco-Drive Regeln in den nächsten zwei Monaten bei Dienstfahrten anwenden werde.	4.96	4.76	4.53	4.55	
Initiierung von Eco-Drive	3.93	4.87	4.81	4.97	.89
Ich habe in den letzten zwei Monaten während Dienstfahrten mindestens einmal alle Eco-Drive Regeln angewandt.	3.89	4.68	4.66	4.91	
In den letzten zwei Monaten bin ich vermehrt nach den Prinzipien von Eco-Drive gefahren.	3.87	4.96	4.80	4.94	
Es ist mir gelungen, in den letzten beiden Monaten einige Eco-Drive Regeln in die Praxis umzusetzen.	4.00	4.96	4.84	5.06	
Etablierung von Eco-Drive	3.04	3.74	3.90	3.94	.93
Ich habe in den letzten zwei Monaten während Dienstfahrten immer alle Eco-Drive Regeln angewandt.	2.99	3.89	4.05	4.02	
Immer wenn ich in den letzten zwei Monaten mit einem Dienstauto gefahren bin, habe ich die Prinzipien von Eco-Drive vollständig angewandt.	2.97	3.77	3.86	4.08	
Sehr wahrscheinlich habe ich in den letzten zwei Monaten alle Eco-Drive Regeln immer korrekt umgesetzt.	2.94	3.65	3.72	3.83	

Anmerkung: Antworten auf einer 6-stufigen Likertskala von 1="stimmt überhaupt nicht" bis 6="stimmt voll und ganz".
t1-t4 = Befragungszeitpunkte 1 – 4; Cr.Alpha = Cronbach's Alpha, vgl. Fussnote¹⁹.

Tabelle 3.9 berichtet nebst den Itemformulierungen auch die Mittelwerte der Items und der Konstrukte zu den vier Befragungszeitpunkten, sowie die Höhe der Cronbach's-Alpha für die Konstrukte. Aufgrund der Höhe der Cronbach's-Alpha²¹ (.89 und höher) kann auf eine befriedigend hohe interne Konsistenz der Konstrukte geschlossen werden.

3.2.2 Datenbereinigung

Für die Auswertung der Befragungsdaten nicht berücksichtigt wurden Daten von einzelnen Personen aus den Gruppen 1 und 2, die den Fragebogen „vor dem Interventionsprogramm“ erst ausgefüllt hatten, nachdem sie bereits die Fahrerschulung besucht hatten. Dies betraf insgesamt fünf Personen aus Gruppe 1 und eine Person aus Gruppe 2.

²¹ Cronbach's Alpha ist ein Mass für die interne Konsistenz einer Skala, d.h. einer Itembatterie zur Messung eines latenten Konstrukts. Es beschreibt die Höhe der durchschnittlichen Korrelation der Items der Skala.

3.2.3 Datenauswertung

Für die Auswertung der Bewertung des Interventionsprogramms durch die TeilnehmerInnen (siehe Kapitel 7) wurden deskriptive Darstellungen gewählt. Allfällige Unterschiede in der Bewertung des Interventionsprogramms zwischen den TeilnehmerInnen der Gruppen 1 und 2 wurden mittels t-Tests auf Signifikanz geprüft.

Um einen Effekt des Interventionsprogramms aufgrund der Befragungsdaten zu erkennen (siehe Kapitel 6), wurden die Angaben der TeilnehmerInnen der verschiedenen Gruppen jeweils vor und nach Absolvierung des Interventionsprogramms verglichen. Neben einer deskriptiven Darstellung der Gruppenmittelwerte wurden allfällige Unterschiede mit Hilfe von Varianzanalysen überprüft. Wir stellten hierzu jeweils zwei Berechnungen an: In der ersten Berechnung interessierte uns, ob sich die Angaben der Interventionsgruppe 1 im Vergleich zu den restlichen Personen (d.h. Gruppen 2 & 3) zwischen den Zeitpunkten vor und nach dem Interventionsprogramm veränderten. Berücksichtigt wurden hierzu die Angaben der ersten drei Befragungen. Befragung 4 wurde nicht berücksichtigt, da zu diesem Zeitpunkt auch die Gruppe 2 das Interventionsprogramm absolviert hatte und somit nicht mehr als Kontrollgruppe dienen konnte. Dies ergibt ein 2(Gruppe) x 3(Befragungszeitpunkt)-Auswertungsdesign²². Wir prüften mögliche Unterschiede in diesem Design mit einer Varianzanalyse (ANOVA with mixed design).

In der zweiten Berechnung interessierte uns, ob sich die Angaben der Gruppe 2 im Vergleich mit den restlichen Personen (d.h. Gruppen 1 & 3) zwischen den Zeitpunkten vor und nach dem Interventionsprogramm veränderten. Hierzu berücksichtigten wir die Befragungszeitpunkte 3 und 4. Dies ergibt ein 2(Gruppe) x 2(Befragungszeitpunkt)-Auswertungsdesign²³. Wir prüften mögliche Unterschiede in diesem Design mit einer Varianzanalyse (ANOVA with mixed design).

Beide Berechnungen wurden in zwei verschiedenen Varianten durchgeführt: In der ersten Variante wurden nur Personen berücksichtigt, welche für alle berücksichtigten Befragungszeitpunkten Werte aufwiesen (d.h. der vollständige Datensatz wurde verwendet). In der zweiten Variante wurden sämtliche fehlenden Werte mittels der Expectation-Maximization Methode geschätzt. Auf allfällige Unterschiede in den Ergebnissen wird in entsprechenden Fussnoten hingewiesen.

²² Ideal wäre ein 3 x 3 Design gewesen, in welchem sämtliche 3 Gruppen getrennt betrachtet würden. Wegen der geringen Stichprobengrösse entschlossen wir uns jedoch, jeweils die beiden Gruppen, welche das Interventionsprogramm nicht durchliefen, in eine Kontrollgruppe zusammen zu fassen.

²³ Ideal wäre ein 3 x 2 Design gewesen, in welchem sämtliche 3 Gruppen getrennt betrachtet würden. Wegen der geringen Stichprobengrösse entschlossen wir uns jedoch, jeweils die beiden Gruppen, welche das Interventionsprogramm nicht besuchten, in eine Kontrollgruppe zusammen zu fassen.

4 Fahrstiländerungen während der Fahrschulungen

In diesem Kapitel gehen wir der Frage nach, welche kurzfristigen Effekte während der Durchführung des Interventionsprogramms auftraten. Wir stützen uns dabei auf die Fahrdaten, welche während der Fahrschulungen aufgezeichnet wurden. Hierzu fuhren die TeilnehmerInnen zweimal eine Schulungsstrecke von ungefähr neun Kilometern. Beim ersten Durchgang taten sie dies in ihrem gewohnten Fahrstil, nach einem Theorieblock erhielten sie beim zweiten Durchgang Instruktionen durch den Fahrtrainer. Es wurde darauf geachtet, dass für die zweite Fahrt die gleiche Strecke und eine mit der ersten Fahrt vergleichbare Fahrdauer gewählt wurden. In Tabelle 4.1 sind die aufgezeichneten Fahrparameter für die beiden Fahrten der beiden Interventionsgruppen sowie die Ergebnisse der Signifikanztests dargestellt.

Tabelle 4.1 Vergleich verschiedener Fahrstilparameter zwischen den beiden Fahrten während der Fahrschulungen der Interventionsgruppen 1 und 2

	Fahrt 1 ohne Eco-Drive Instruktionen (M/SD)	Fahrt 2 mit Eco-Drive Instruktionen (M/SD)	Signifikanztest
Interventionsgruppe 1 (Fahrtraining im Okt 2013) N = 36¹			
Dauer der Fahrt (s)	946.89 (75.42)	1028.83 (92.21)	$t(35) = -4.14, p = .000$
Durchschnittliche Geschwindigkeit (km/h)	33.59 (2.71)	30.93 (2.80)	$t(35) = 4.30, p = .000$
Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	6.28 (1.38)	5.76 (1.39)	$t(35) = 6.98, p = .000$
Durchschnittliche Drehzahl (U/min)	1359 (420)	1075 (326)	$t(35) = 8.62, p = .000$
Prozentualer Zeitanteil im Stillstand mit ausgeschaltetem Motor (%)	4% (6%)	9% (5%)	$t(35) = -4.70, p = .000$
Interventionsgruppe 2 (Fahrtraining im März 2014) N = 18²			
Dauer der Fahrt (s)	916.61 (74.77)	907.39 (49.22)	$t(17) = 0.65, p = .53$
Durchschnittliche Geschwindigkeit (km/h)	35.17 (2.82)	35.34 (1.77)	$t(17) = -0.31, p = .76$
Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch (l/100 km)	5.32 (0.63)	4.56 (0.37)	$t(17) = 6.91, p = .000$
Durchschnittliche Drehzahl (U/min)	1319 (200)	1141 (142)	$t(17) = 7.69, p = .000$
Prozentualer Zeitanteil im Stillstand mit ausgeschaltetem Motor (%)	0.7% (3%)	5% (3%)	$t(17) = -4.58, p = .000$

Anmerkung: Die Fahrdaten wurden durch die Schulungsgeräte „MDeco“ aufgezeichnet.¹ In der Interventionsgruppe 1 haben sich zwei TeilnehmerInnen nach der Schulung aus dem Projekt abgemeldet, ihre Daten wurden in diesen Analysen jedoch noch mit berücksichtigt.² In der Auswertung der Interventionsgruppe 2 wurden die Daten von 7 Personen ausgeschlossen, da entweder die Schubabschaltung nicht funktionierte oder unterschiedlich viele Personen im Fahrzeug mitfuhren, wodurch die Fahrparameter verzerrt wurden.

Beide Interventionsgruppen erzielten im jeweils zweiten Durchgang signifikante Verbesserungen wichtiger Merkmale eines Eco-Drive Fahrstils: geringerer Kraftstoffverbrauch, tiefere durchschnittliche Drehzahl und höherer Zeitanteil im Stillstand mit ausgeschaltetem Motor. Gruppe 1 erreichte eine Kraftstoffeinsparung von 8.3%. Dies entspricht 0.5 Liter/100km. In Gruppe 2 konnte während der Schulung eine Kraftstoffeinsparung von 14.3% (entsprechend 0.76 Liter/100km) erzielt werden. Die durchschnittliche Drehzahl verringerte sich in Gruppe 1 um 21%, in Gruppe 2 um 13.5%. Den Zeitanteil im Stillstand mit ausgeschaltetem Motor konnte Gruppe 1 auf 9% verdoppeln; Gruppe 2 steigerte sich von weniger als 1% auf 7%. Während Gruppe 2 die Fahrdauer und Durchschnittsgeschwindigkeit konstant halten konnte, war Gruppe 1 in der zweiten Fahrt leicht länger und etwas langsamer unterwegs.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Fahrkurse unmittelbar zu Verbesserungen des Fahrstils der Teilnehmenden im Sinne von Eco Drive führten. Das Training kann als erfolgreich gewertet werden.

5 Effekte des Interventionsprogramms auf die Fahrdaten und Lärmwerte

In diesem Kapitel interessierte uns, inwiefern sich das Interventionsprogramm auf verschiedene Parameter des Fahrstils der TeilnehmerInnen auswirkte. Wir gehen also den Fragen nach:

- Verändern sich aufgrund des Interventionsprogramms objektiv gemessene Merkmale des Fahrstils?
- Führt das Interventionsprogramm zu einer Verringerung des Kraftstoffverbrauchs?
- Führt das Interventionsprogramm zu einer Verringerung der Motorenlärmemissionen?

Wir betrachteten als erstes verschiedene Kennwerte als Indikatoren für einen leisen Fahrstil, respektive Eco-Drive. Es sind dies:

- durchschnittliche Drehzahl pro Fahrt (U/min) als Indikator für niedrig-touriges Fahren
- Ruckartigkeit (m/s^3) als Indikator für flüssiges und vorausschauendes Fahren
- durchschnittliche Verzögerung mit Bremse (m/s^2), als Indikator für frühzeitiges vom Gas gehen und ausrollen lassen
- Anteil Fahrzeit in Schubabschaltung (%) als Indikator für vorausschauendes Fahren.

Zudem interessierte uns, inwiefern das Interventionsprogramm zu einer Reduktion des Kraftstoffverbrauchs führte. Wir betrachteten hierfür:

- Kraftstoffverbrauch 1 (Liter/100km)
- Kraftstoffverbrauch 2 (Liter/Stunde).

Die Betrachtung beider Werte ergibt ein besseres Bild der möglichen Kraftstoffeinsparungen, da lange Stillstandzeiten mit laufendem Motor (=Kraftstoffverbrauch ohne zurückgelegte Strecke) den ersten Kennwert stark erhöhen können. Der zweite, jedoch weniger gebräuchliche Kennwert wird durch diese Situation weniger stark beeinflusst

Für Hinweise auf eine allfällige Reduktion der Motorengeräuschemissionen wurden folgende Parameter betrachtet (s. Kapitel 3.2 für die Herleitung und genaue Beschreibung dieser Parameter):

- Gemittelter Summenpegel des Motorengeräusch pro Fahrt (dB(A))
- Maximalpegel des Summengeräuschs pro Fahrt (dB(A))
- Anteil der Fahrt über 60 dB(A) (%)²⁴

Unsere Erwartungen (Hypothesen) waren, dass die Werte dieser Parameter in der Phase der Rückmeldungen und in der Phase nach Abschluss des Interventionsprogramms besser ausfallen würden, als vor dem Interventionsprogramm. Das heisst, die Veränderung zwischen zwei Zeitpunkten sollte in derjenigen Gruppe, welche in dieser Zeit das Interventionsprogramm absolvierte, höher ausfallen als in den Gruppen, die sich in Wartezeit befanden.

Zur Prüfung dieser Hypothesen unterteilten wir die Laufzeit der kontinuierlichen Datenerhebung in 5 Zeitabschnitte. In Abbildung 5.1 werden diese 5 Zeitabschnitte graphisch im Projektdesign verortet. Dabei entspricht:

- t1: Phase vor Absolvieren des Interventionsprogramms für sämtliche Gruppen
- t2: Phase der Fahrrückmeldungen für Gruppe 1
- t3: Phase nach Abschluss des Interventionsprogramms für Gruppe 1, Phase vor Absolvieren des Interventionsprogramms für Gruppe 2
- t4: Phase der Fahrrückmeldungen für Gruppe 2
- t5: Phase nach Abschluss des Interventionsprogramms für Gruppe 2

²⁴ Wir verzichteten auf eine Auswertung der weiteren prozentualen Kennwerte (Anteil der Fahrt > 64 dB(A), > 68 dB(A), > 72 dB(A) und > 76 dB(A)). Dies, weil insgesamt nur sehr wenige Fahrten Peaks von > 64 dB(A) aufwiesen; bei sämtlichen Fahrten lag durchschnittlich nur 1.8% der Fahrzeit über 64 dB(A) und nur 0.2% der Fahrzeit über 68dB(A).

Zwischen t2 und t3 wurden im Dezember 2013 drei Wochen nicht für die Datenanalyse berücksichtigt. In dieser Zeit herrschten Weihnachtsferien und die Fahrzeuge wurden dementsprechend selten genutzt.

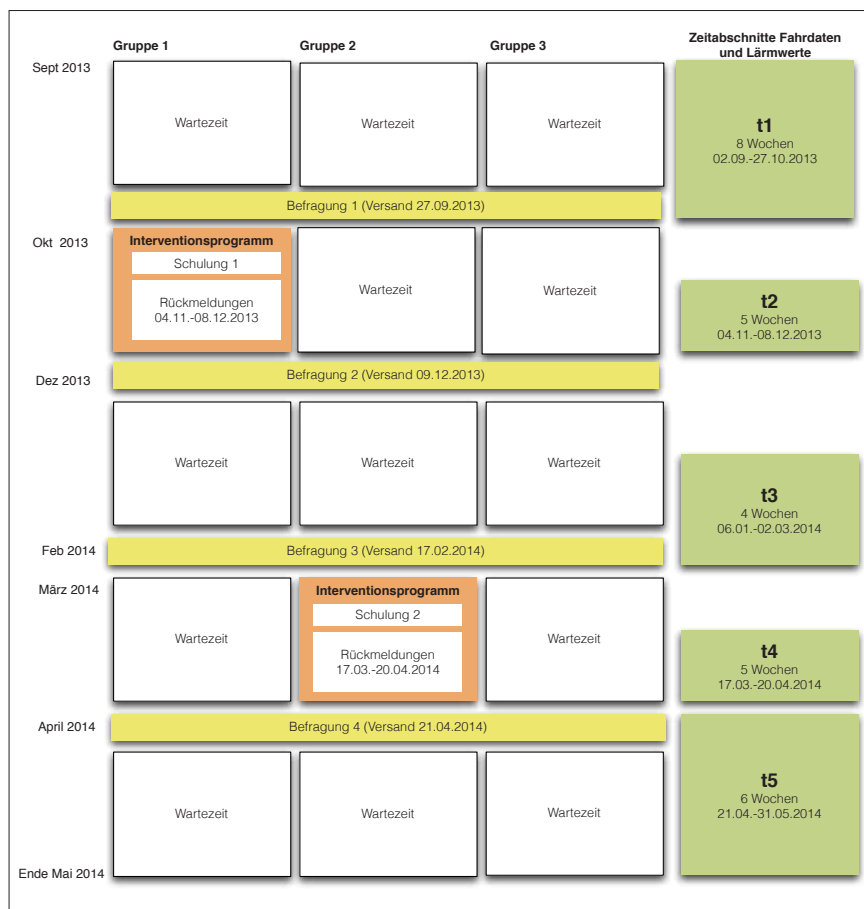


Abbildung 5.1 Einordnung der Zeitabschnitte t1 bis t5 ins Studiendesign

Über die jeweiligen Zeitabschnitte wurden die Werte der einzelnen Fahrten je FahrerIn gemittelt. Eine Verbesserung der Kennwerte bedeutet:

- Eine Verringerung der durchschnittlichen Drehzahl pro Fahrt (U/min)
- Eine Verringerung der Ruckartigkeit (m/s^3)
- Eine Verringerung der durchschnittlichen Verzögerung mit Bremse (m/s^2)
- Eine Erhöhung des Zeitanteils in Schubabschaltung (%)
- Eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs 1 (Liter/100km)
- Eine Verringerung des Kraftstoffverbrauchs 2 (Liter/Stunde)
- Eine Verringerung des gemittelten Summenpegels der Motorengeräusche (dB(A))
- Eine Verringerung des Maximalpegels der Motorengeräusche (dB(A))
- Eine Verringerung des prozentualen Anteils der Fahrt > 60 dB(A) (%)

Konkret erwarteten wir:

- eine Verbesserung der Kennwerte zu t2 und t3, verglichen mit t1, für die Interventionsgruppe 1, nicht jedoch für die Kontrollgruppe, bestehend aus den Gruppen 2 & 3
- eine Verbesserung der Kennwerte zu t4 und t5, verglichen mit t3, für die Interventionsgruppe 2, nicht jedoch für die Kontrollgruppe, bestehend aus den Gruppen 1 & 3

Für die erste Analyse rechneten wir eine Varianzanalyse (ANOVA with mixed design) mit einem 2 (Gruppe 1 vs. Gruppen 2&3) x 3 (Zeitabschnitt t1 vs. t2 vs. t3)-Design. Auch für die zweite Analyse rechneten wir eine

Varianzanalyse (ANOVA with mixed design), mit einem 2 (Gruppe 2 vs. Gruppen 1 & 3) x 3 (Zeitabschnitt t3 vs. t4 vs. t5)-Design.

Wir beschreiben im Folgenden als erstes die getätigten Fahrten während der fünf Zeitabschnitte und dokumentieren die Vergleichbarkeit der Fahrzeuge zwischen den drei Gruppen (Kapitel 5.1). Danach gehen wir auf die Veränderungen der Indikatorwerte eines leisen Fahrstils ein (Kapitel 5.2), die Veränderung des Kraftstoffverbrauchs (Kapitel 5.3) sowie die Veränderung der Lärmwerte (Kapitel 5.4). Die wichtigsten Erkenntnisse werden am Ende dieses Kapitels kurz zusammengefasst (Kapitel 5.5).

5.1 Charakterisierung der Fahrten und Fahrzeuge der verschiedenen Gruppen

Tabelle 5.1 gibt einen Überblick über die Merkmale der Fahrten, welche in die Datenauswertung einfließen. Es handelt sich dabei um eher kurze Fahrten: die Dauer der Fahrten bewegte sich zwischen 1 und 134 Minuten ($M=12$ Min, $SD=9.5$), die Distanz betrug 0.5 bis 93 Kilometer ($M=6.52$ km, $SD=6.84$), dies bei durchschnittlichen Geschwindigkeiten von 8 bis 76 km/h ($M=35$ km/h, $SD=11.95$). Der prozentuale Anteil der Fahrdauer zu welcher das Fahrzeug still stand ist mit durchschnittlich 17% relativ hoch. Diese Merkmale der Fahrten deuten darauf hin, dass es sich mehrheitlich um kurze, langsame Stadtfahrten handelt. Solche Fahrten sind insbesondere in Bezug auf die durch Eco-Drive beeinflussbaren Lärmemissionen besonders relevant.

Die Merkmale in Tabelle 5.1 wurden auf Unterschiede zwischen den Gruppen und den Zeitpunkten überprüft, und es wurde keine signifikanten Effekte gefunden. Die Fahrten, welche für die unterschiedlichen Gruppen in die unterschiedlichen Zeitabschnitte einfließen, sind demnach vergleichbar.

Aus Tabelle 5.1 wird auch ersichtlich, dass die teilweisen Lücken in der Datenerhebung und das restriktive Vorgehen bei der Datenbereinigung zu einer relativ geringen Anzahl Personen führte, welche zu den jeweiligen 3 analysierten Zeitabschnitten keine fehlenden Werte aufwiesen. Insbesondere Gruppe 2 erwies sich als sehr klein (8 Personen). Dieser Umstand muss bei der Interpretation der später berichteten Signifikanztests mit berücksichtigt werden.

Tabelle 5.1 Charakterisierung der getätigten Fahrten in den verschiedenen Gruppenzusammensetzungen über die unterschiedlichen Zeitabschnitte t1 bis t5

	Mittelwerte (Standardabweichung)					
	Zeit	Gruppe 1 <i>n</i> =16	Gruppen 2 & 3 <i>n</i> =23	Zeit	Gruppe 2 <i>n</i> =8	Gruppen 1 & 3 <i>n</i> =15
Dauer (s)	t1	807.89 (327.95)	825.52 (442.86)	t3	718.21 (189.58)	769.89 (169.77)
	t2	753.51 (452.19)	888.96 (434.81)	t4	683.09 (120.51)	709.64 (183.45)
	t3	797.42 (424.00)	777.21 (282.44)	t5	793.82 (216.97)	781.27 (355.15)
Distanz (km)	t1	8.09 (4.77)	6.53 (3.06)	t3	6.74 (3.15)	6.81 (3.10)
	t2	7.93 (9.14)	7.72 (4.35)	t4	6.84 (2.25)	6.50 (4.34)
	t3	6.86 (5.42)	6.63 (3.7)	t5	6.19 (2.17)	6.81 (3.92)
Durchschnittliche Geschwindigkeit (km/h)	t1	37.95 (9.02)	33.72 (7.45)	t3	35.01 (5.98)	36.16 (7.72)
	t2	35.93 (11.38)	34.61 (6.73)	t4	36.31 (5.90)	36.09 (11.56)
	t3	34.20 (7.2)	33.64 (5.74)	t5	32.45 (6.19)	35.02 (5.76)
Prozentuale Fahrzeit im Stillstand	t1	14.42 (4.9)	17.63 (5.3)	t3	15.97 (4.38)	18.19 (3.51)
	t2	15.37 (4.85)	16.09 (5.69)	t4	14.77 (5.03)	18.11 (6.64)
	t3	16.9 (4.45)	17.94 (6.87)	t5	18.08 (6.10)	18.70 (4.89)

Anmerkung: *n*=Gruppengröße; t1-t5 = Zeitabschnitte 1 – 5, vgl. hierzu Abbildung 5.1.

Von den total 88 TeilnehmerInnen wiesen 44 Personen in den entsprechenden Zeitabschnitten keine fehlenden Werte auf, ihre Daten und flossen daher in die Analyse ein. Eine Analyse auf mögliche Unterschiede ergab, dass sich das Alter, das Geschlecht, der Arbeitgeber, die Kraftstoffart der Fahrzeuge und die Verteilung der Fahrzeugkategorien derjenigen Personen, deren Daten in die Auswertung der Fahrdaten einflossen, nicht signifikant von den entsprechenden Merkmalen jener Personen, deren Daten aufgrund fehlender Werte nicht berücksichtigt werden konnten, unterschieden. Die Teilstichproben, welche für die Auswertung der Fahr- und Lärmdaten berücksichtigt werden konnten, sind demnach mit der in Kapitel 2.3 beschriebenen Stichprobe vergleichbar. Auch im durch die Datenbereinigung reduzierten Fuhrpark sind immer noch sämtliche Fahrzeugkategorien vertreten (vgl. Kapitel 2.3.5).

In Tabelle 5.2 sind Kennwerte der Fahrzeuge für die verschiedenen Gruppen dargestellt. Auch hier wurden die Merkmale auf mögliche Unterschiede in den Verteilungen zwischen den Gruppen getestet; keines der Merkmale zeigte signifikante Unterschiede. Bezüglich der Fahrzeugcharakteristika sind die verschiedenen Gruppen somit vergleichbar.

Tabelle 5.2 Charakterisierung der Fahrzeugmerkmale der verschiedenen Gruppen

	Analyse 1		Analyse 2	
	Gruppe 1 n=16	Gruppe 2 & 3 n=23	Gruppe 2 n=8	Gruppe 1 & 3 n=15
Antrieb				
Benzin	5 (56%)	4 (44%)	1 (20%)	4 (80%)
Diesel	8 (42%)	11 (58%)	6 (37.5%)	10 (62.5%)
Hybrid	3 (27%)	8 (73%)	1 (50%)	1 (50%)
Schaltung				
manuell	5 (29%)	12 (71%)	1 (20%)	4 (80%)
automatisch	11 (50%)	11 (50%)	7 (39%)	11 (61%)
Fahrzeuggrösse				
Kraftfahrzeug	5 (45.5%)	6 (54.5%)	3 (30%)	7 (70%)
Personenfahrzeug	11 (39%)	17 (61%)	5 (38.5%)	8 (61.5%)
Fahrhäufigkeit				
Durchschnittliche Anzahl Fahrten insgesamt	150 (183.23)	129 (138.27)	185 (168.25)	156 (144.18)

5.2 Indikatoren eines leisen Fahrstils

Im folgenden beschreiben wir, welche Effekte des Interventionsprogramms sich für verschiedene Indikatoren eines leisen Fahrstils beobachten liessen. Wir berichten hierzu Veränderungen in der durchschnittlichen Drehzahl, der Ruckartigkeit, der durchschnittlichen Verzögerung mit Bremse und des Anteils der Fahrzeit in Schubabschaltung. Wegen der hohen Zusammenhänge dieser Parameter mit der durchschnittlichen Geschwindigkeit (vgl. Regressionsanalysen im online Anhang C) wurden für die folgenden Analysen sämtliche Werte für die gemittelte Durchschnittsgeschwindigkeit (von 34.76 km/h) konstant gehalten (vgl. Beschrieb in Kapitel 3.1.4). In Analyse 1 wird die Interventionsgruppe 1 mit der Kontrollgruppe, bestehend aus Gruppen 2 und 3 über die Zeitabschnitte t1, t2 und t3 verglichen, in Analyse 2 wird die Interventionsgruppe 2 mit der Kontrollgruppe, bestehend aus Gruppen 1 und 3, über die Zeitabschnitte t3, t4 und t5 verglichen. Für die detaillierten Kennwerte der Signifikanztests verweisen wir auf den online Anhang G.

In Abbildung 5.2 sind die über die verschiedenen Zeitabschnitte gemittelten Drehzahlen dargestellt. Analyse 1 (links in Abbildung 5.2) ergab, dass diejenigen Personen, welche die Fahrerschulung besucht hatten, während der Phase der Rückmeldungen (t2) die durchschnittliche Umdrehungszahl von 1557 U/min auf 1434 U/min senken konnten. Dies entspricht einer Verringerung von -8%. Währenddessen veränderte sich die durchschnittliche Drehzahl derjenigen Personen, welche zu diesem Zeitpunkt das Interventionsprogramm nicht besuchte, nur minim.

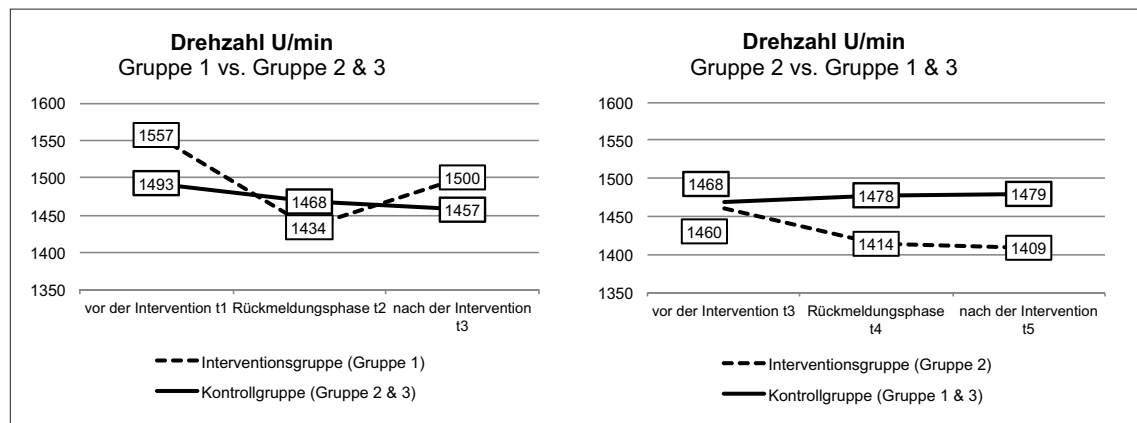


Abbildung 5.2 Durchschnittliche Drehzahlen in U/min (korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen). Analyse 1 (links; $N=39$) und Analyse 2 (rechts; $N=23$)

Es zeigte sich aber auch, dass sich die Fahrenden der Interventionsgruppe 1 in der Phase nach Besuch des Interventionsprogramms (t3) wieder deutlich verschlechterten. Die statistische Analyse ergab einen signifikanten Haupteffekt über die Zeit (Haupteffekt Zeitabschnitt, $F(2,74) = 13.15$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .26$), sowie einen signifikanten Interaktionseffekt für die Veränderung der Gruppe 1 von t1 zu t2, verglichen mit den Gruppen 2 & 3 (Interaktion Gruppe x Zeitabschnitt, t1 zu t2, $F(1, 37) = 9.24$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .20$), wohingegen die Veränderung von t1 zu t3 nicht signifikant ausfiel. Der signifikante Interaktionseffekt kann als gross bezeichnet werden.

Auch für Analyse 2 (rechts in Abbildung 5.2) deuten die deskriptiven Daten auf eine Abnahme der durchschnittlichen Drehzahl der Personen der Interventionsgruppe 2 während der Rückmeldungsphase (t4) hin, während die durchschnittlichen Drehzahl für die Kontrollgruppe konstant bleibt. Auch nach Abschluss des Interventionsprogramms (t5) bleibt die durchschnittliche Drehzahl in der Interventionsgruppe tiefer als in der Kontrollgruppe. Die Verringerung ist jedoch mit 3.2% geringer als in Analyse 1. Die statistischen Tests ergeben der Tendenz nach signifikante Interaktionseffekte, welche als mittel bis gross bezeichnet werden können (Interaktion Gruppe x Zeitabschnitt t3 zu t4, $F(1,21) = 4.50$, $p = .05$, $\eta_p^2 = .18$; sowie Interaktion Gruppe x Zeitabschnitt t3 zu t5, $F(1,21) = 2.62$, $p = .12$, $\eta_p^2 = .11$). Sowohl für Interventionsgruppe 1 wie auch für Interventionsgruppe 2 kann also eine Verringerung der durchschnittlichen Drehzahl beobachtet werden, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit auf den Besuch des Interventionsprogramms zurück geführt werden kann. Während die Verbesserung bei der Interventionsgruppe 2 nach Abschluss des Interventionsprogramms bestehen bleibt, verschlechtern sich die Personen der Interventionsgruppe 1 nach Abschluss des Interventionsprogramms deutlich.

Für die anderen drei Kennwerte ergibt sich ein weniger eindeutiges Bild: In Abbildung 5.3 sind die Werte für die Ruckartigkeit dargestellt. Diese liegen für sämtliche Gruppen bereits vor Besuch des Interventionsprogramms unter dem zu vermeidenden Höchstwert von 0.6 m/s^3 für Stadtfahrten. Das heisst, die untersuchten Personen fuhren schon vor Besuch des Interventionsprogramms relativ gleichmässig. Bei beiden Interventionsgruppen deutet sich eine Reduktion der Ruckartigkeit in der Rückmeldungsphase, gefolgt von einem Wiederanstieg in der Nachinterventionsphase, an. Diese Effekte blieben jedoch unter dem Signifikanzniveau.

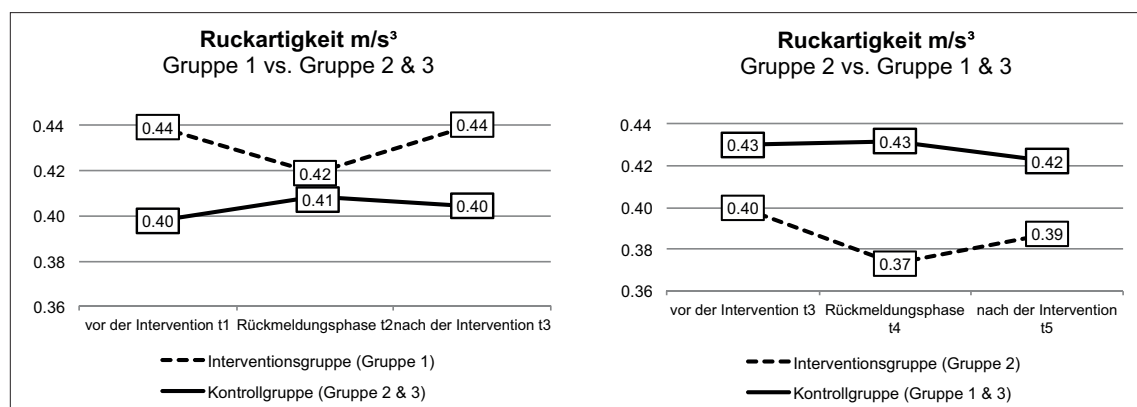


Abbildung 5.3 Ruckartigkeit je Zeitabschnitt in m/s^3 (korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen). Analyse 1 (links; $N=30$) und Analyse 2 (rechts; $N=22$)

Abbildung 5.4 zeigt die Entwicklung der durchschnittlichen Verzögerung mit Bremse. Analyse 1 (links) ergibt zu Beginn der Studienlaufzeit eine leichte Verbesserung der Werte der Interventionsgruppe 1 während der Phase der Rückmeldungen. Nach dieser Phase verschlechtern sich die Werte allerdings wieder. Da sich jedoch bei den Gruppen 2 & 3 derselbe Verlauf zeigt, können die Veränderungen nicht auf das Interventionsprogramm zurückgeführt werden (Haupteffekt Zeit, $F(1, 68) = 3.67$, $p = .03$, $\eta_p^2 = .10$, kein signifikanter Interaktionseffekt).

In der zweiten Projekthälfte zeigt sich, wie rechterhand in Abbildung 5.4 dargestellt, eine Verbesserung der Werte für Gruppe 2, verglichen mit denjenigen der Gruppen 1 & 3, welche sich jedoch nicht während, sondern erst nach Beendigung des Interventionsprogramms einstellte. Die Verringerung der durchschnittlichen Verzögerung mit Bremse in Interventionsgruppe 2, verglichen mit den Gruppen 1 & 3 ist der Tendenz nach signifikant und weist eine mittlere Effektstärke auf (Interaktion Gruppe x Zeitabschnitt, t3 zu t5, $F(1, 18) = 3.12$, $p = .09$, $\eta_p^2 = .15$).

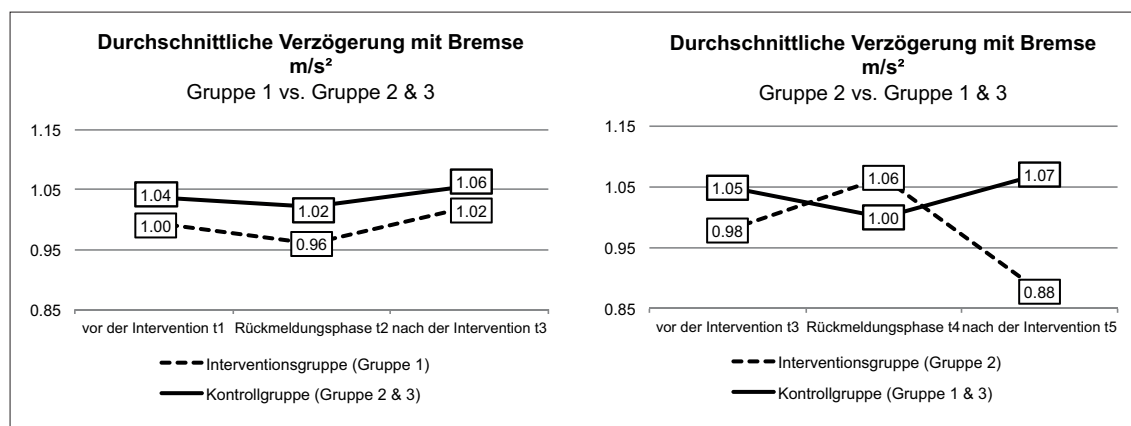


Abbildung 5.4 Gemittelte durchschnittliche Verzögerung mit Bremse je Zeitspanne in m/s² (korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen). Analyse 1 (links; $N=36$) und Analyse 2 (rechts; $N=20$)

In Abbildung 5.5 ist die Entwicklung der prozentualen Fahrzeit in Schubabschaltung dargestellt. Auch hier ergaben sich für Analyse 1 (links) keine nennenswerten Veränderungen über den Studienverlauf. Dementsprechend konnten auch keine signifikanten Haupt- oder Interaktionseffekte gefunden werden.

Bei Interventionsgruppe 2 (rechts) lässt sich hingegen, wie erwünscht, eine leichte Erhöhung des Zeitanteils in Schubabschaltung von 13.9% zu t3 auf fast 17% zu t5 beobachten, während der Anteil in der Kontrollgruppe konstant bleibt. Ein marginal signifikanter Haupteffekt für die Zeitabschnitte ($F(2,42) = 2.48$, $p = .10$, $\eta_p^2 = .11$), sowie ein marginal signifikanter, grosser Interaktionseffekt (Interaktion Gruppe x Zeitabschnitt t3 zu t5, $F(1,21) = 2.24$, $p = .15$, $\eta_p^2 = .10$) deuten drauf hin, dass die Erhöhung des prozentualen Anteils der Fahrzeit in Schubabschaltung in Gruppe 2 auf den Besuch des Interventionsprogramms zurückgeführt werden könnte.

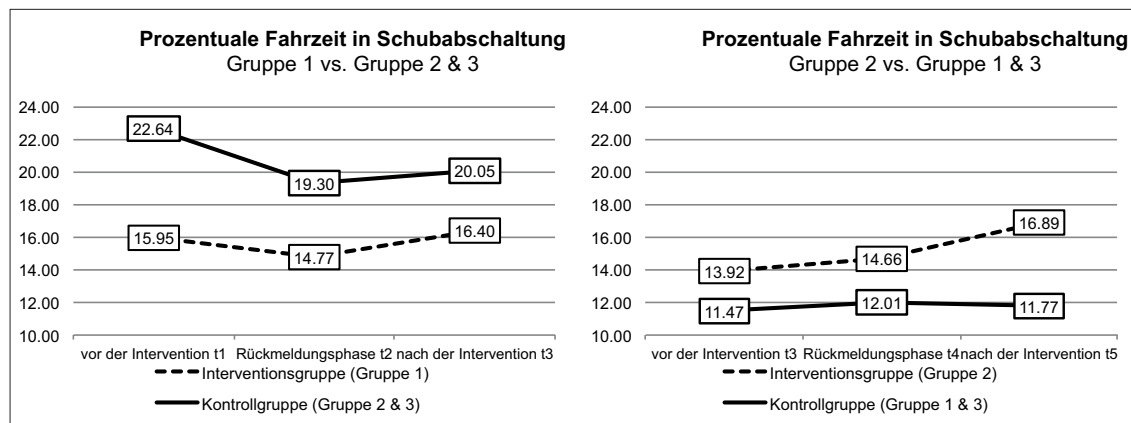


Abbildung 5.5 Prozentualer Anteil der Fahrzeit in Schubabschaltung (korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen). Analyse 1 (links; $N=39$) und Analyse 2 (rechts; $N=23$)

5.3 Kraftstoffverbrauch

Die Analysen des vorherigen Abschnitts zeigten, dass sich der Effekt des Interventionsprogramms insbesondere in einer Reduktion der durchschnittlichen Drehzahl niederschlug. Wir beschreiben im folgenden, inwiefern sich eine Wirkung des Interventionsprogramms auch im Kraftstoffverbrauch zeigte. Wir betrachteten dazu sowohl den Kraftstoffverbrauch in Liter pro 100km als auch den Kraftstoffverbrauch in Liter pro Stunde Fahrdauer. Beide Kennwerte wurden sowohl um die durchschnittliche Geschwindigkeit der Fahrt, wie auch um die gemittelte Temperatur pro Woche korrigiert. Wiederum wird in Analyse 1 die Interventionsgruppe 1 mit der Kontrollgruppe, bestehend aus Gruppen 2 und 3 über die Zeitabschnitte t1, t2 und t3 verglichen, in Analyse 2 wird Interventionsgruppe 2 mit der Kontrollgruppe, bestehend aus Gruppen 1 und 3, über die Zeitabschnitte t3, t4 und t5 dargestellt. Für die detaillierten Kennwerte der Signifikanztests verweisen wir auf den online Anhang G.

Links in Abbildung 5.6 ist die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs pro 100 gefahrene Kilometer für Analyse 1 dargestellt. Es zeigte sich, dass in der Interventionsgruppe 1 über sämtliche Zeitabschnitte hinweg mehr Kraftstoff verbraucht wurde als in der Kontrollgruppe. Dieser der Tendenz nach signifikante Haupteffekt für die Gruppen ($F(1, 37) = 3.44, p = .07, \eta_p^2 = .08$) kann auf zahlreichere Fahrten mit grösseren und damit mehr kraftstoffverbrauchenden Fahrzeugen in Gruppe 1 zurückgeführt werden. Zwischen den Gruppen unterschieden sich die Fahrzeugkategorien, wie weiter oben berichtet, zwar nicht, in Gruppe 1 wurden jedoch häufiger Fahrten mit grösseren Fahrzeugen getätigt als in der Kontrollgruppe. Es zeigte sich auch, dass sowohl die Interventionsgruppe 1, wie auch die Kontrollgruppe den Kraftstoffverbrauch über die Zeit hinweg leicht reduzierten, was sich in einem marginal signifikanten Haupteffekt über die Zeitabschnitte niederschlägt ($F(2, 74) = 1.83, p = .17, \eta_p^2 = .05$). Die Interventionsgruppe 1 senkte ihren Kraftstoffverbrauch von t1 zu t2 um 3.2%, von t1 zu t3 um 2.4%. Da sich dieser Trend sowohl in der Interaktionsgruppe 1, wie auch in der Kontrollgruppe zeigte, kann die Reduktion jedoch nicht unbedingt auf den Besuch des Interventionsprogramms zurückgeführt werden, dementsprechend fiel der Test für Interaktionseffekte nicht signifikant aus.

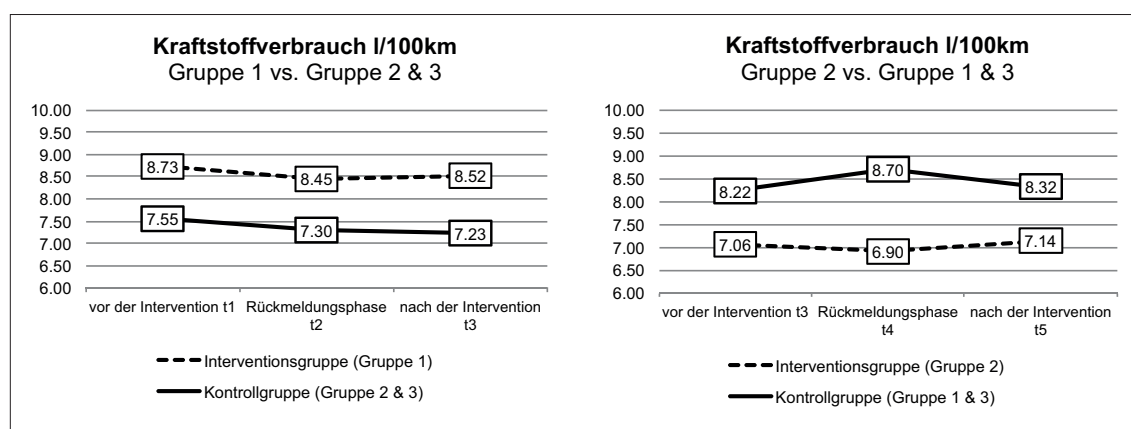


Abbildung 5.6 Kraftstoffverbrauch in l/100km (korrigiert für Geschwindigkeits- und Temperaturdifferenzen). Analyse 1 (links; $N=39$) und Analyse 2 (rechts; $N=23$)

Rechts in Abbildung 5.6 ist die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs pro 100 gefahrene Kilometer für Analyse 2 dargestellt. Auch hier zeigte sich wieder ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Haupteffekt Gruppe, $F(1, 21) = 3.33, p = .08, \eta_p^2 = .14$), welcher sich darauf zurückführen lässt, dass Personen der Interventionsgruppe 2 mehr Fahrten mit PKWs und kleinen Dienstfahrzeugen tätigten. Die Verläufe in Abbildung 5.6 rechterhand deuten darauf hin, dass der Kraftstoffverbrauch während der Phase der Rückmeldungen (t4), in der Interventionsgruppe 2, minim zurück ging (- 2.3%), während er im gleichen Zeitabschnitt in der Kontrollgruppe anstieg. Nach Beendigung der Rückmeldungen (t5) glichen sich die Werte hingegen wieder an. Ein marginal signifikanter Interaktionseffekt für den Zeitabschnitt von t3 zu t4 mittlerer Effektstärke bekräftigt dieses Ergebnis (Interaktionseffekt Gruppe x Zeitabschnitt t3 zu t4, $F(1, 21) = 2.28, p = .15, \eta_p^2 = .10$). Das heisst, die Stabilität der Entwicklung in der Interaktionsgruppe 2 im Vergleich mit der Zunahme in der Kontrollgruppe könnte ein Effekt des Interventionsprogramms sein.

In Abbildung 5.7 links ist wieder Analyse 1 dargestellt, diesmal für den Kennwert Kraftstoff pro gefahrene Stunde. Hier bestätigte sich das bereits oben beim Kraftstoff pro gefahrene Kilometer gefundene Muster: Interventionsgruppe 1 verbrauchte in sämtlichen drei Zeitabschnitten mehr Kraftstoff als die Kontrollgruppe (Haupteffekt Gruppe, $F(1,37) = 4.14$, $p = .05$, $\eta_p^2 = .10$) und in beiden Gruppen nahm der Verbrauch über die drei Zeitabschnitte leicht ab (Haupteffekt Zeitabschnitt, $F(2,74) = 1.90$, $p = .16$, $\eta_p^2 = 0.05$), diese Veränderung kann jedoch nicht auf den Besuch des Interventionsprogramms zurückgeführt werden; die Interaktionseffekte fallen nicht signifikant aus.

In Abbildung 5.7 rechts ist die Entwicklung des Kraftstoffverbrauchs pro gefahrene Stunde für Interventionsgruppe 2 dargestellt, verglichen mit deren Kontrollgruppe. Auch hier bestätigte sich das oben gefundene Muster: während der Rückmeldungsphase (t4) blieb der Verbrauch in der Interventionsgruppe 2 stabil (-1.5%), während er in der Kontrollgruppe leicht anstieg. Die Werte näherten sich nach Beendigung der Rückmeldungen jedoch wieder an. Ein marginal signifikanter Interaktionseffekt mittlerer Stärke weist darauf hin, dass diese unterschiedliche Entwicklung zwischen t3 und t4 auf das Interventionsprogramm zurückgeführt werden könnte (Interaktionseffekt Gruppe x Zeitabschnitt t3 zu t4, $F(1,21) = 2.95$, $p = .10$, $\eta_p^2 = .12$). Ein der Tendenz nach signifikanter Haupteffekt Gruppe weist auf den durchgängig tieferen Verbrauch in der Interventionsgruppe 2 hin ($F(1,21) = 3.05$, $p = .09$, $\eta_p^2 = .13$).

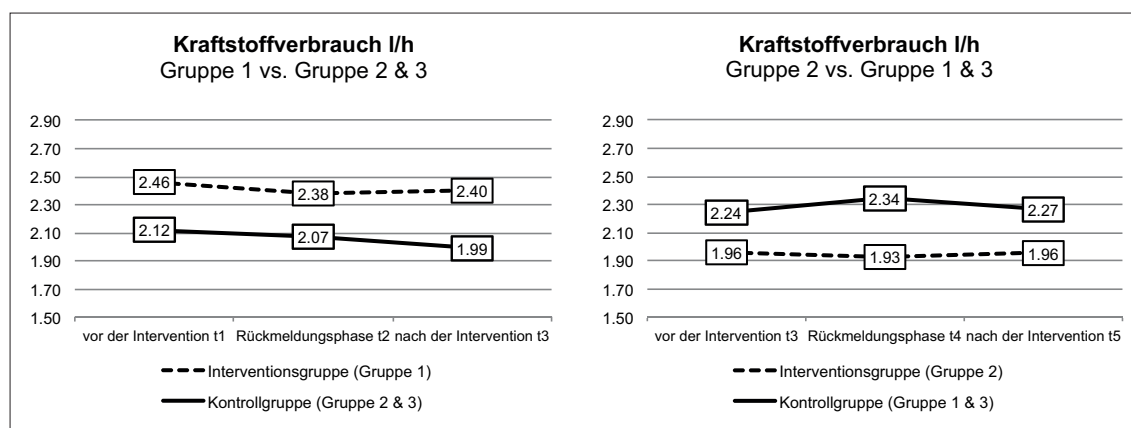


Abbildung 5.7 Kraftstoffverbrauch in l/h (korrigiert für Geschwindigkeits- und Temperaturdifferenzen). Analyse 1 (links; $N=39$) und Analyse 2 (rechts; $N=23$)

5.4 Lärmwerte

In diesem letzten Abschnitt beschreiben wir, inwiefern sich der Besuch des Interventionsprogramms auf die Motorenlärmemissionen auswirkte. Wir berichten im Folgenden die Veränderungen des gemittelten Summenpegels des Motorengeräuschs, des Maximalpegels des Motorengeräuschs sowie des Fahrtanteils mit einem Motorengeräusch über 60 dB(A). Alle drei Werte wurden jeweils für die Geschwindigkeit korrigiert (vgl. hierzu der Beschrieb in Kapitel 3.1.4). Es wurde jeweils nur Analyse 2 (Vergleich der Gruppe 2 mit der Kontrollgruppe, bestehend aus Gruppen 1 & 3) durchgeführt. Da zum Zeitpunkt der Durchführung des Interventionsprogramms mit Gruppe 1 noch keine validen Lärmwerte vorlagen, konnte Analyse 1 nicht vorgenommen werden. Für die detaillierten Kennwerte der Signifikanztests verweisen wir auf den online Anhang G.

In Abbildung 5.8 sind die gemittelten Summenpegel des Motorengeräuschs vor, während und nach dem Interventionsprogramm für die Interventionsgruppe 2 und die Kontrollgruppe dargestellt. Vor dem Interventionsprogramm (t3) bewegten sich beide Gruppen um einen Mittelwert von $M_{t3_Gesamt} = 54.32$ dB(A). Während der Intervention blieb der Wert für die Kontrollgruppe relativ konstant bei 54.20 dB(A) zu t4 und erhöhte sich leicht auf 54.48 dB(A) zu t5, während der Wert der Interventionsgruppe 2 um ein halbes dB(A) auf 53.89 dB(A) zu t4 und blieb auch zu t5 relativ konstant auf 53.98 dB(A).

Der Test auf Signifikanz der Unterschiede ergibt einen marginal signifikanten Interaktionseffekt, wenn die Veränderung der Interventionsgruppe 2 von t3 zu t5 mit der Veränderung der Kontrollgruppe verglichen wird; dieser Effekt weist eine mittlere Effektstärke auf (Interaktion Gruppe x Zeitabschnitt t3 zu t5, $F(1,18) = 2.51$, $p = .13$, $\eta_p^2 = .12$). Die Interventionsgruppe 2 hat demnach ihren gemittelten Summenpegel der Motorengeräusche nach Teilnahme am Interventionsprogramm reduziert, während in der Kontrollgruppe keine Veränderung auftrat.

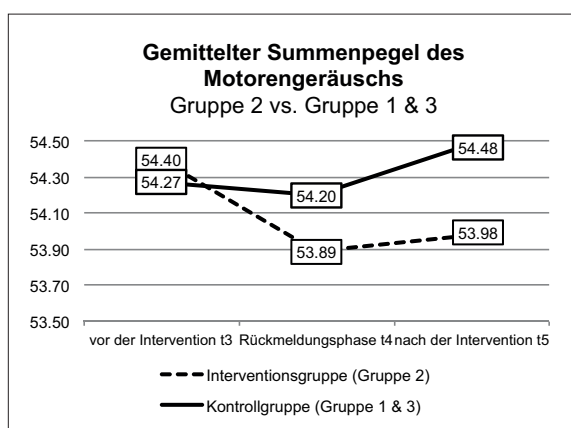


Abbildung 5.8 Gemittelter Summenpegel des Motorengeräuschs in dB(A)
(korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen) Analyse 2 (N=20)

In Abbildung 5.9 ist die Entwicklung des Maximalpegels der Fahrt als Mittelwert für die drei Zeitabschnitte dargestellt. Während dieser in der Interventionsgruppe 2 über die drei Zeitabschnitte relativ konstant blieb, erhöhten sich die Werte der Kontrollgruppe insbesondere zwischen t4 und t5. Auch der Signifikanztest zeigt, dass durch das Interventionsprogramm keine Reduktion der Maximalpegel erreicht werden konnte; sowohl die Haupteffekte, wie auch die Interaktionseffekte fallen mit einem $p > .20$ nicht signifikant aus.

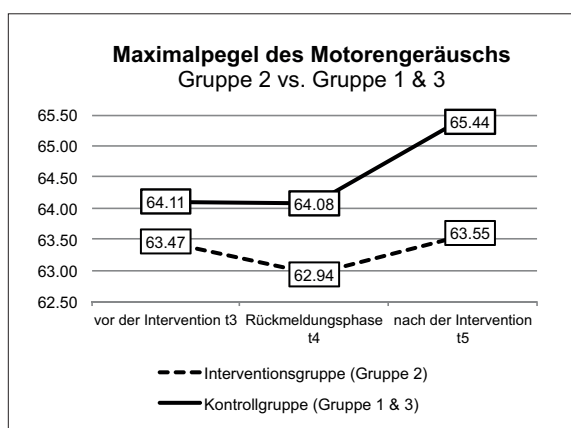


Abbildung 5.9 Durchschnittlicher Maximalpegel des Motorengeräuschs in dB(A)
(korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen). Analyse 2 (N=20)

Abbildung 5.10 schlussendlich zeigt die Veränderung des mittleren Zeitanteils der Fahrten, bei welchem das Motorengeräusch 60 dB(A) übertraf, über die drei Zeitabschnitte. Diese lagen vor dem Interventionsprogramm (t3) für beide Gruppen bei 8.8%. Während dieser Anteil in der Kontrollgruppe über die Zeitabschnitte t4 und t5 konstant blieb, verringerte sich der Wert für die Interventionsgruppe 2 auf 5.4% während der Phase der Fahrerrückmeldungen (t4), das heisst, die Interventionsgruppe konnte fast 4% lauter Fahrten vermeiden. Allerdings zeigt Abbildung 5.10 aber auch, dass nach Beendigung der Rückmeldungen der Anteil für die Interventionsgruppe 2 wieder auf 8% stieg und damit fast den Ausgangswert erreichte.

Der Signifikanztest ergibt einen der Tendenz nach signifikanten, grossen Interaktionseffekt für den Vergleich der Veränderung von t3 zu t4 (Interaktion Gruppe x Zeitabschnitt t3 zu t4 $F(1,18)=4.53$, $p=.05$, $\eta_p^2=.20$). Das heisst, die Interventionsgruppe 2 wies während der Phase der Fahrerrückmeldungen einen signifikant tieferen Anteil an Fahrten $> 60\text{dB(A)}$ auf als die Kontrollgruppe, verschlechterte sich jedoch wieder nach Beendigung der Fahrerrückmeldungen.

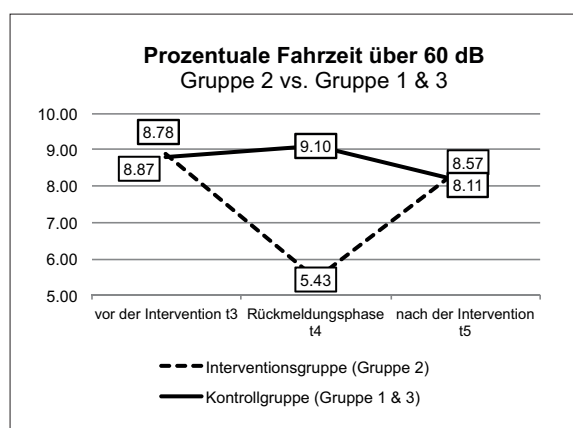


Abbildung 5.10 Prozentuale Zeit der Fahrzeit über 60 dB(A)
(korrigiert für Geschwindigkeitsdifferenzen). Analyse 2 (N=20)

5.5 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Fahrdaten und Lärmwerte

Wir fassen an dieser Stelle die wichtigsten Erkenntnisse aus der Analyse der Fahrdaten und Lärmwerte kurz zusammen:

Sowohl in Interventionsgruppe 1, welche im Herbst 2013 das Interventionsprogramm durchlief, wie auch in Interventionsgruppe 2, welche das Interventionsprogramm im Frühling 2014 absolvierte, konnte eine Verringerung der durchschnittlichen Drehzahl während der Phase der Rückmeldungen um 8%, respektive 3.2% beobachtet werden, welche mit grosser Wahrscheinlichkeit ein Effekt des Programms ist. Zumindest für die Interventionsgruppe 2 blieb dieser Wert auch für den Zeitraum nach Abschluss des Interventionsprogramms stabil, was vermuten lässt, dass sich in dieser Gruppe das niedrig-tourige Fahren etablieren konnte.

Interventionsgruppe 2 zeigte zudem positive Entwicklungen für die durchschnittliche Verzögerung mit Bremse und die prozentuale Fahrzeit in Schubabschaltung; beides sind Kennwerte, welche auf frühzeitiges vom Gas gehen und vorausschauendes Fahren hindeuten. Auch konnte Interventionsgruppe 2 ihren Kraftstoffverbrauch (sowohl gemessen in l/km, wie auch in l/h) während der Phase der Rückmeldungen um bis zu 2.3% verringern. Diese Kennwerte erreichten allerdings jeweils nur ein marginales Signifikanzniveau, was nicht weiter erstaunlich ist, da die verglichenen Gruppen sehr klein waren, so dass nur sehr grosse Effekte ein strenges Signifikanzniveau von $p < .05$ erreicht hätten.

Auch bei Interventionsgruppe 1 liessen sich Verbesserungen bei der durchschnittlichen Verzögerung mit Bremse und beim Kraftstoffverbrauch (sowohl gemessen in l/km, wie auch in l/h) über den Projektverlauf beobachten. Da sich die Werte dieser Parameter aber in der Kontrollgruppe, welche zu diesem Zeitpunkt nicht am Interventionsprogramm teilnahm, ebenso verbesserten, kann die bessere Fahrweise der Interventionsgruppe 1 nicht unbedingt auf das Interventionsprogramm zurückgeführt werden. Wir sehen hier zwei Möglichkeiten zur Erklärung: Entweder geht die Verbesserung auf einen Umstand zurück, welcher im Rahmen dieses Feldexperiments nicht kontrolliert wurde. Möglich ist aber auch, dass die erste Befragung, in welcher den TeilnehmerInnen erklärt wurde, welches die Eco-Drive Regeln sind, bereits einen Effekt auf die Fahrweise der TeilnehmerInnen hatte, so dass auch Personen in der Kontrollgruppe anschliessend ihre Fahrweise optimierten.

Lärmwerte konnten nur in der zweiten Projekthälfte, das heisst für die Analysen bei der Interventionsgruppe 2, berechnet werden. Hier zeigte sich eine positive Entwicklung sowohl für den gemittelten Summenpegel des Motorengeräuschs wie auch für den prozentualen Anteil der Fahrten > 60 dB(A); Effekte, die mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Durchführung des Interventionsprogramms zurückgeführt werden können. Der gemittelte Summenpegel verringerte sich um ein halbes dB(A), der Anteil Fahrten > 60 dB(A) konnte von 8.8% auf 5.4% verringert werden. Während der gemittelte Summenpegel auch in der Phase nach Beendigung des Interventionsprogramms einen tieferen Wert aufwies, stieg der Anteil Fahrten > 60 dB(A) nach Beendigung des Programms wieder auf den Ausgangswert an.

Dieses Verlaufsmuster, welches darauf hindeutet, dass sich der Fahrstil der TeilnehmerInnen während der Rückmeldungsphase zwar verbesserte, diese Phase aber zu wenig lange andauerte, als dass sich das neue Fahrverhalten zu einer Gewohnheit entwickeln konnte, zeigte sich mehrfach darin, dass sich die Kennwerte wieder verschlechterten, sobald die Phase der Rückmeldungen abgeschlossen war. Ein solches U-förmiges Verlaufsmuster konnte für die Verringerung der Drehzahl bei Interventionsgruppe 1, die Verringerung des Kraftstoffverbrauchs (sowohl gemessen in l/km, wie auch in l/h) bei Interventionsgruppe 2 und für den prozentualen Zeitanteil der Fahrt > 60 dB(A) bei Interventionsgruppe 2 beobachtet werden. Auch die Veränderung der Ruckartigkeit zeigt bei beiden Interventionsgruppen einen U-förmigen Verlauf, diese Effekte erreichen jedoch das Signifikanzniveau nicht.

Einzig für den maximalen Summenpegel des Motorengeräuschs konnte keine positive Entwicklung im Studienverlauf beobachtet werden, das Interventionsprogramm scheint diesbezüglich nicht die erwünschte Wirkung zu haben. Allerdings muss hinterfragt werden, ob dieser Parameter überhaupt für die Erfassung der Motorengeräuschemissionen geeignet ist.

6 Effekte des Interventionsprogramms auf die Motive, Entscheidungen und Selbsteinschätzung des Fahrstils durch die TeilnehmerInnen

Uns interessierte in diesem Kapitel, inwiefern sich das Interventionsprogramm auf die Bereitschaft der TeilnehmerInnen, Strassenlärm zu vermeiden und Eco-Drive zu fahren, auswirkte. Auch interessierte uns, ob die TeilnehmerInnen als Folge des Interventionsprogramms häufiger berichten, dass sie Eco-Drive anwenden, und ebenfalls, dass sich dieser Fahrstil bei ihnen vollständig etabliert habe. Wir gehen also den folgenden Fragen nach:

- Erhöht sich durch das Interventionsprogramm die Bereitschaft der TeilnehmerInnen, Strassenlärm zu vermeiden (d.h. ihre Absicht, Strassenlärm zu vermeiden) und Eco-Drive anzuwenden (d.h. ihre Absicht, Eco-Drive zu fahren)?
- Führt das Interventionsprogramm dazu, dass die TeilnehmerInnen häufiger angeben, Eco-Drive initiiert zu haben sowie Eco Drive korrekt anzuwenden und den neuen Fahrstil verstetigt zu haben?

Zur Beantwortung dieser Fragen prüften wir, ob sich Veränderungen der Ausprägung folgender Konstrukte (vgl. hierzu auch Abbildung 1.1) feststellen lassen:

- Absicht, Strassenlärm zu vermeiden
- Absicht, Eco-Drive zu fahren
- Selbstberichtete Initiierung von Eco-Drive
- Selbstberichtete Etablierung von Eco-Drive

Die Konstrukte wurden zu allen vier Befragungszeitpunkten gemessen (s. Kapitel 3.1 für Angaben zur Operationalisierung der Konstrukte).

Unsere Erwartung (Hypothese) war, dass die Ausprägung der Konstrukte nach dem Absolvieren des Interventionsprogramms höher ausfallen würde als davor. Um allfällige intervenierende Dritteinflüsse auszuschliessen, prüften wir insbesondere, ob die Veränderungen zwischen zwei Zeitpunkten bei derjenigen Gruppe, welche in dieser Zeit das Interventionsprogramm absolvierte, grösser waren als allfällige Veränderungen bei den Gruppen, die sich in Wartezeit befanden. Konkret erwarteten wir:

1. für die Gruppe 1, nicht jedoch für die Gruppen 2 und 3 höhere Werte zu den Befragungszeitpunkten 2 und 3 verglichen mit dem Befragungszeitpunkt 1
2. für die Gruppe 2, nicht jedoch für die Gruppen 1 und 3 höhere Werte zum Befragungszeitpunkt 4 verglichen mit dem Befragungszeitpunkt 3

Für Analyse 1 rechneten wir eine Varianzanalyse (ANOVA with mixed design) mit einem 2 (Gruppe 1 vs. Gruppen 2 & 3) x 3 (Befragungszeitpunkte 1 vs. 2 vs. 3) - Design. Für Analyse 2 wurde eine Varianzanalyse (ANOVA with mixed design) mit einem 2 (Gruppe 2 vs. Gruppen 1 & 3) x 2 (Messzeitpunkt 3 vs. 4) - Design gerechnet, wobei jeweils nur die Daten derjenigen TeilnehmerInnen in die Auswertungen einflossen, welche sämtliche entsprechende Befragungen ausgefüllt hatten (listwise missing).

Wir berichten im Folgenden die Ergebnisse für die vier oben aufgeführten Konstrukte; Details zu den statistischen Kennwerten der Analysen finden sich im online Anhang F.

6.1 Absicht, Strassenlärm zu vermeiden (Zielintention)

Die Absicht, Strassenlärm zu vermeiden, war bei sämtlichen Befragten bereits zu Beginn der Studie sehr hoch ausgeprägt. So betrug der Mittelwert über sämtliche Befragten zum ersten Messzeitpunkt $M_{t1_Gesamt} = 4.83$ ($SD_{t1_Gesamt} = 1.11$; Skala von 1 bis 6). Dementsprechend konnte in der ersten Projekthälfte auch keine Veränderung dieses Wertes, weder für die Interventions- noch für die Kontrollgruppe, beobachtet werden (vgl. Abbildung 6.1 links). Analyse 1 ergab keine signifikanten Haupteffekte (weder Gruppe noch Befragungszeitpunkt) und keinen signifikanten Interaktionseffekt²⁵.

In der zweiten Projekthälfte absolvierte Gruppe 2 das Interventionsprogramm. Der Vergleich von Gruppe 2 mit den anderen beiden Gruppen (Analyse 2, vgl. Abbildung 6.1 rechts) ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Befragungszeitpunkt sowie einen signifikanten Interaktionseffekt (Interaktion Gruppe x Befragungszeitpunkt, $F(1, 52) = 10.18$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .16$). In Gruppe 2 war also die Absicht, Strassenlärm zu vermeiden, nach dem Interventionsprogramms stärker ausgeprägt als davor, während sich im gleichen Zeitraum bei Gruppen 1 & 3 keine Veränderung zeigte. Der gefundene Effekt kann als gross bezeichnet werden²⁶.

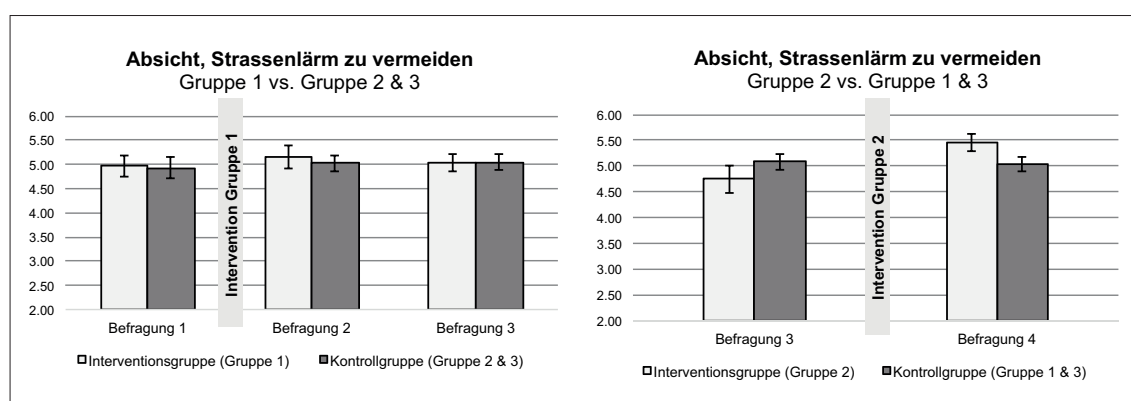


Abbildung 6.1 Absicht, Strassenlärm zu vermeiden - Analyse 1 (links; $N=51$) und Analyse 2 (rechts; $N=54$)

6.2 Absicht, Eco-Drive zu fahren (Handlungsintention)

Auch die Absicht, Eco-Drive zu fahren, war zu Beginn des Projekts bei sämtlichen Befragten sehr stark ausgeprägt ($M_{t1_Gesamt} = 5.16$, $SD_{t1_Gesamt} = 0.72$, Skala von 1 – 6). Analyse 1 ergab, dass die Ausprägung über die ersten drei Befragungszeitpunkte hinweg leicht abnahm (d.h. wir fanden einen signifikanten Haupteffekt über die Befragungszeitpunkte $F(2, 98) = 9.84$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .17$). Zwischen den beiden Gruppen können keine unterschiedlichen Verläufe beobachtet werden (vgl. Abbildung 6.2 links), d.h. der Interaktionseffekt von Analyse 1 fällt nicht signifikant aus²⁷.

Wie bereits bei der Zielintention ergibt sich bei der Analyse 2 jedoch ein anderes Bild: Gruppe 2 zeigt nach Absolvieren des Interventionsprogramms eine stärkere Absicht, Eco-Drive zu fahren, als davor, während sich der Wert in Gruppe 1 & 3 in diesem Zeitraum nicht verändert (vgl. Abbildung 6.2 rechts). Der Interaktionseffekt in Analyse 2 fällt signifikant aus (Interaktion Gruppe x Befragungszeitpunkt, $F(1, 52) = 5.53$, $p = .02$, $\eta_p^2 = .10$) und kann als mittel bis gross bezeichnet werden; die Haupteffekte in Analyse 2 fallen hingegen nicht signifikant aus²⁸. Das heisst, bei der Gruppe 2 nimmt die Absicht, Eco-Drive zu fahren, zwischen den Befragungen 3 und 4 zu.

25 Die Wiederholung von Analyse 1 mit Schätzungen der fehlenden Werte (Expectation-Maximization Methode) ergab einen signifikanten Haupteffekt Zeit, jedoch mit einer geringen Effektstärke $\eta_p^2 = .05$.

26 Die Wiederholung von Analyse 1 mit Schätzungen der fehlenden Werte (Expectation-Maximization Methode) ergab die gleichen signifikanten Haupt- und Interaktionseffekte, mit einer leicht geringeren Effektstärke $\eta_p^2 = .09$.

27 Die Wiederholung von Analyse 1 mit Schätzung der fehlenden Werte (Expectation-Maximization Methode) bestätigte die gefundenen Effekte.

28 Die Wiederholung von Analyse 2 mit Schätzung der fehlenden Werte (Expectation-Maximization Methode) bestätigte die gefundenen Effekte.

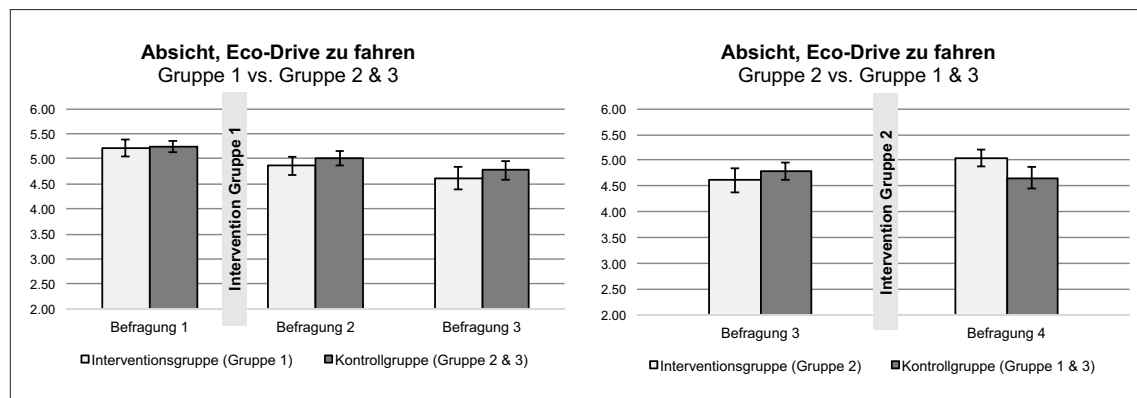


Abbildung 6.2 Absicht Eco-Drive zu fahren - Analyse 1 (links; $N=51$) und Analyse 2 (rechts; $N=54$)

6.3 Initiierung von Eco-Drive

Fragen nach einer ersten, zumindest teilweisen Umsetzung von Eco-Drive wurden von den Befragten zu Befragungszeitpunkt 1 nur leicht positiv beantwortet ($M_{t1_Gesamt} = 3.93$, $SD_{t1_Gesamt} = 1.57$, Skala von 1 – 6). Das heisst, die Befragten gaben ehrlicherweise an, bisher eher selten Eco-Drive gefahren zu sein.

Wie aus Abbildung 6.3 links ersichtlich ist, geben beide Gruppen zum Befragungszeitpunkt 2 in höherem Masse an, Eco-Drive anzuwenden, als zum Befragungszeitpunkt 1. Die Veränderung ist jedoch grösser bei Gruppe 1, welche zwischen diesen beiden Zeitpunkten das Interventionsprogramm absolvierte, als bei Gruppen 2 & 3, welche in dieser Zeit Wartezeit hatten. Dies zeigt sich in einem grossen signifikanten Interaktionseffekt (Interaktion Gruppe x Befragungszeitpunkt, Befragung 1 zu Befragung 2, $F(1,48) = 9.09$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .16$). Auch zum Messzeitpunkt 3 ist die Erhöhung in Gruppe 1 immer noch höher als in Gruppe 2&3 (Interaktion Gruppe x Zeitpunkt, Befragung 1 zu Befragung 3, $F(1, 48) = 6.05$, $p = .02$, $\eta_p^2 = .11$). Für beide Vergleiche kann auch ein signifikanter Haupteffekt über die Befragungszeitpunkte festgestellt werden²⁹.

In Analyse 2 (vgl. Abbildung 6.3 rechts) zeigte sich ebenfalls eine Erhöhung der Werte bei Gruppe 2 nach dem Interventionsprogramms im Vergleich zu vorher, während die Werte für Gruppen 1 & 3 in diesem Zeitraum stabil bleiben. Ein Test auf Signifikanz mittels Varianzanalyse ergab freilich weder signifikante Haupteffekte noch einen signifikanten Interaktionseffekt³⁰. Dieses Ergebnis muss jedoch mit Vorsicht interpretiert werden, da bei dieser Analyse das Problem inhomogener Varianzen zu Befragungszeitpunkt 4 auftrat. Als Alternativverfahren führten wir hier t-Tests unter Berücksichtigung inhomogener Varianzen durch. Diese Analysen ergaben:

- keinen Unterschied in der Höhe der Werte zwischen den Gruppen zum Befragungszeitpunkt 3 ($M_{t3_G2} = 4.80$, $SD_{t3_G2} = 1.34$, $M_{t3_G1\&3} = 4.82$, $SD_{t3_G1\&3} = 1.10$, $t(56) = -.061$, $p > 0.05$, $d = 0.02$)
- höhere Werte zum Befragungszeitpunkt 4 für Gruppe 2, verglichen mit Gruppen 1&3 ($M_{t4_G2} = 5.4$, $SD_{t4_G2} = 0.44$, $M_{t4_G1\&3} = 4.79$, $SD_{t4_G1\&3} = 1.29$, $t(60.52) = 2.85$, $p < 0.05$, $d = 0.81$).

Daraus schliessen wir, dass die Mitglieder der Gruppe 2 nach der Intervention vermehrt berichten, Eco-Drive initiiert zu haben als davor, während es bei den Gruppen 1 & 3 keinen solchen Anstieg gab.

29 Die Wiederholung von Analyse 1 mit Schätzung der fehlenden Werte (Expectation-Maximization Methode) bestätigte die gefundenen Effekte, die Effektstärken der beiden Interaktionseffekte fallen mit $\eta_p^2 = .05$ jedoch geringer aus.

30 Bei Wiederholung von Analyse 2 mit Schätzung der fehlenden Werte ergeben sich hier jedoch ein signifikanter Haupteffekt über die Zeit, wie auch ein signifikanter Interaktionseffekt mittlerer Grösse ($\eta_p^2 = .06$).

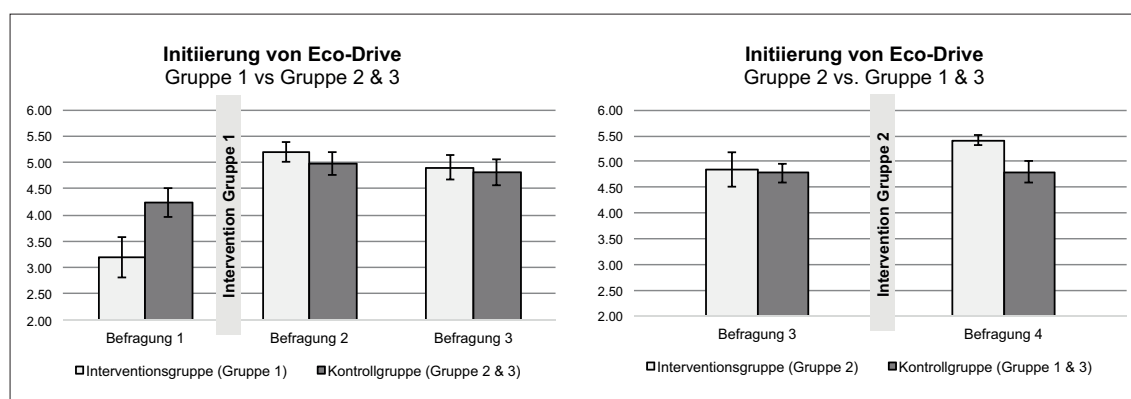


Abbildung 6.3 Initiiierung von Eco-Drive - Analyse 1 (links; $N=50$) und Analyse 2 (rechts; $N=53$)

6.4 Etablierung von Eco-Drive

Nicht zuletzt machten die Befragten Angaben darüber, inwiefern sie denken, beim Fahren den Eco-Drive Fahrstil umfassend und korrekt angewandt zu haben. Die vollständige Etablierung von Eco-Drive wurde zu Beginn der Studie als tief beurteilt ($M_{t1_Gesamt} = 3.04$, $SD_{t1_Gesamt} = 1.55$, Skala von 1 – 6).

Wie bereits bei der Initiiierung von Eco-Drive erhöhen sich die Werte der Etablierung zwischen den Befragungszeitpunkten 1 und 2 sowohl für die Gruppe 1, welche in dieser Zeit das Interventionsprogramm absolvierte, wie auch für die Gruppen 2 & 3, welche sich in Wartezeit befanden. Wir fanden einen signifikanten Haupteffekt ($F(2,96) = 19.15$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .29$) zwischen den Befragungszeitpunkten (vgl. Abbildung 6.4 links). Die Veränderung ist bei der Gruppe 1 jedoch ausgeprägter als bei den Gruppen 2 & 3: Analyse 1 ergibt einen signifikanten Interaktionseffekt (Interaktion Gruppe x Befragungszeitpunkt, Befragung 1 zu Befragung 2, $F(1, 48) = 9.10$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .16$). Zum Befragungszeitpunkt 3 ist die Erhöhung bei Gruppe 1 immer noch stärker als bei den Gruppen 2&3 (Interaktion Gruppe x Zeit, Befragung 1 zu Befragung 3, $F(1, 48) = 9.11$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .16$)³¹. Der gefundene Effekt kann als gross bezeichnet werden.

Dieses Ergebnis wird durch Analyse 2 bestätigt (vgl. Abbildung 6.4 rechts). Auch hier fanden wir einen signifikanten Haupteffekt ($F(1,51) = 5.57$, $p = .02$, $\eta_p^2 = .10$) zwischen den Befragungen 3 und 4, sowie einen grossen, signifikanten Interaktionseffekt ($F(1, 51) = 11.27$, $p = .00$, $\eta_p^2 = .18$). Das heisst, auch Gruppe 2 berichtet nach dem Interventionsprogramm eine vermehrte Etablierung von Eco-Drive, während sich die Höhe der Angaben von Gruppen 1 & 3 in diesem Zeitraum nicht veränderten³².

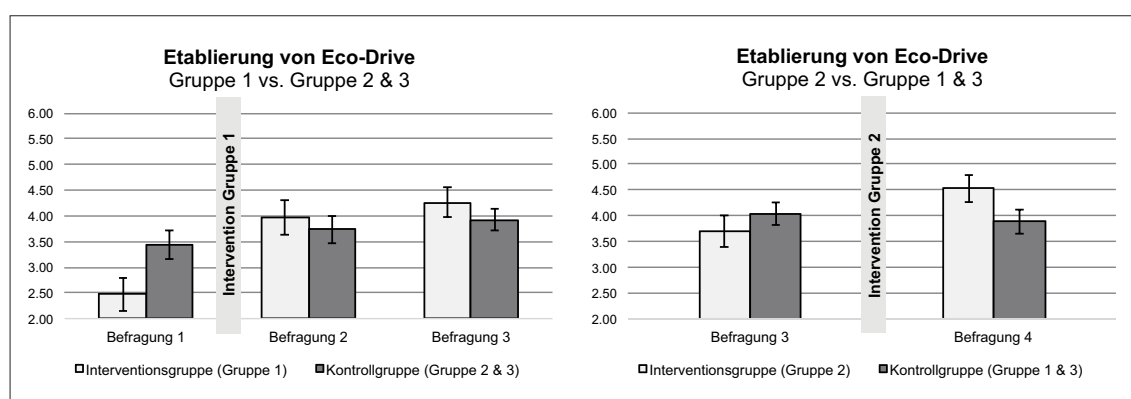


Abbildung 6.4 Etablierung von Eco-Drive - Analyse 1 (links; $N=50$) und Analyse 2 (rechts; $N=53$)

31 Die Wiederholung von Analyse 1 mit Schätzung der fehlenden Werte (Expectation-Maximization Methode) bestätigte die gefundenen Effekte, die Effektstärken der beiden Interaktionseffekte fallen mit $\eta_p^2 = .09$ und $.07$ jedoch geringer aus.

32 Die Wiederholung von Analyse 2 mit Schätzung der fehlenden Werte (Expectation-Maximization Methode) bestätigte die gefundenen Effekte, sowie deren Effektstärken.

6.5 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse aus den Befragungen

Kurz zusammengefasst lassen sich aus den in diesem Kapitel berichteten Ergebnissen folgende Erkenntnisse ableiten:

Sowohl die Bereitschaft, Strassenlärm zu vermeiden, wie auch die Bereitschaft, Eco-Drive anzuwenden, waren zu Beginn der Studie bei sämtlichen Teilnehmenden sehr hoch ausgeprägt, und die erste Durchführung des Interventionsprogramms brachte keine weitere Erhöhung der Motivation. Wir fanden keine Veränderungen der Bereitschaft bei den Personen derjenigen Gruppe, welche das Interventionsprogramm zum ersten Zeitpunkt absolvierte, im Vergleich mit den TeilnehmerInnen, die sich in dieser Periode in Wartezeit befanden.

Über die Laufzeit der Studie nahm die Motivation der TeilnehmerInnen etwas ab, was sich insbesondere in einer Abschwächung der Absicht, Eco-Drive zu fahren, äusserte. Das Absolvieren des Interventionsprogramms in der zweiten Hälfte der Studienlaufzeit (Gruppe 2) erhöhte nun bei dieser Gruppe sowohl die Absicht, Strassenlärm zu vermeiden, wie auch die Absicht, Eco-Drive zu fahren.

Ein etwas anderes Bild zeigt sich bei den Angaben der Befragten über ihre Anwendung von Eco-Drive. Die Aussagen über eine erste teilweise Anwendung wie auch die Aussagen über eine vollständige Etablierung des Eco-Drive Fahrstils wurden zu Beginn der Studie als wenig zutreffend eingeschätzt. Sowohl die erste, wie auch die zweite Durchführung des Interventionsprogramms führte dazu, dass die TeilnehmerInnen in den entsprechenden Gruppen ihre Initiierung, wie auch die Etablierung von Eco-Drive höher einschätzten, als diejenigen Personen, welche in den jeweiligen Phasen Wartezeit hatten. Auch fünf Monate nach der ersten Durchführung des Interventionsprogramms berichteten jene Personen, die das Programm zum ersten Zeitpunkt absolviert hatten, immer noch deutlich öfter, dass sie Eco-Drive anwenden, als diejenigen Personen, welche das Programm noch nicht absolviert hatten. In der Eigenwahrnehmung der TeilnehmerInnen zeigte das Programm demnach einen anhaltenden Effekt.

Interessant ist die Beobachtung, dass auch die Gruppen 2 und 3 zwischen Befragungszeitpunkt 1 und Befragungszeitpunkt 2 eine Zunahme ihrer Einschätzungen hinsichtlich Initiierung und Etablierung von Eco-Drive zeigten. Es lässt sich vermuten, dass hier ein Effekt der Befragung vorliegt. Dass die Befragten in Befragung 1 über die Fahrregeln von Eco-Drive informiert wurden, könnte einen Effekt auf ihre Selbsteinschätzung gehabt haben.

Wir berücksichtigten in unseren Analysen jeweils nur Werte von Personen, welche den Fragebogen zu allen untersuchten Befragungszeitpunkten ausgefüllt hatten. In Analyse 1 flossen demnach nur die Daten von Personen ein, welche die Befragung zu allen drei ersten Befragungszeitpunkten ausgefüllt hatten. In Analyse 2 sind nur Personen berücksichtigt worden, welche sowohl Befragung 3 wie auch Befragung 4 ausfüllten. Unsere Reanalysen von Analyse 1 und 2 unter Schätzung der fehlenden Werte bestätigten jedoch die gefundenen Ergebnisse. Wir gehen deshalb davon aus, dass unsere Erkenntnisse auf sämtliche TeilnehmerInnen der Studie generalisiert werden können.

7 Bewertung des Interventionsprogramms durch die TeilnehmerInnen

In diesem Kapitel wird der Frage nachgegangen, wie die verschiedenen Inhalte des Interventionsprogramms durch die TeilnehmerInnen bewertet wurden. Hierzu wurden den TeilnehmerInnen der Interventionsgruppen in den Befragungen entsprechende Fragen gestellt; Gruppe 1 erhielt den entsprechenden Frageblock zum Befragungszeitpunkt 2, Gruppe 2 zum Befragungszeitpunkt 4.

Wir stellen im Folgenden die durchschnittliche Ausprägung der Antworten auf die zu bewertenden Aussagen vor (Mittelwerte über die beiden Gruppen). Für die Interpretation unserer Ausführungen ist wichtig zu wissen, dass die Bewertungsskala jeweils von 1 = „stimmt überhaupt nicht“ bis 6 = „stimmt ganz genau“ reichte. Ein Wert von > 3.5 (gestrichelte Linie in den folgenden Abbildungen) bedeutet demnach eine positive Beurteilung.

Insgesamt wurde das Interventionsprogramm als gut bewertet. Die besten „Noten“ erhielt die Fahrschulung.

Das Sensibilisierungspaket (vgl. Abbildung 7.1) hat die TeilnehmerInnen gemäss ihrer Einschätzung tendenziell motiviert, Eco-Drive zu erlernen. Es hat ihnen neue Aspekte der Lärmbekämpfung aufzeigen können und die sie positiv zu Eco-Drive eingestellt. Die beiden Interventionsgruppen unterschieden sich nicht in der Bewertung dieser drei Items.

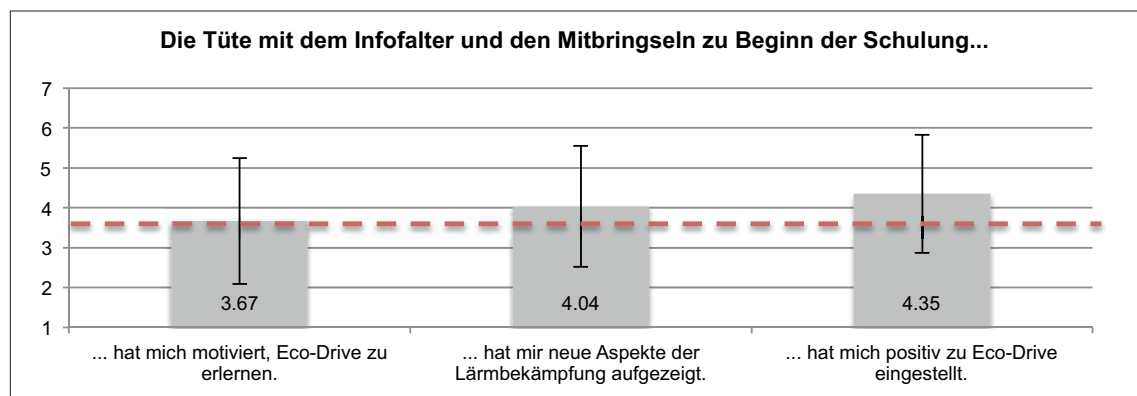


Abbildung 7.1 Bewertung des Sensibilisierungspakets durch die TeilnehmerInnen der Interventionsgruppen 1 & 2 (Mittelwerte, $N = 48$, Bewertungsskala: 1 = stimmt überhaupt nicht, 6 = stimmt ganz genau)

Die Inhalte des Sensibilisierungspakets wurden den TeilnehmerInnen in doppelter Ausführung verteilt. Das Doppel sollten die Teilnehmenden an eine Person ausserhalb ihres Arbeitsumfelds weitergeben. Diese „Weitergabe-Aufgabe“ hatte zum Ziel, die persönliche Norm der Mitarbeitenden gegenüber den Projektzielen zu stärken. 47 Personen (80%) sind gemäss eigener Angabe dieser Aufforderung nachgekommen. Allfällige Unterschiede in den Fahr- oder Befragungsdaten zwischen denjenigen, welche angaben, das Paket weiter gegeben zu haben, und denjenigen, welche dies nicht taten, wurden nicht weiter überprüft.

Die abgefragten Aspekte zur Fahrschulung wurden mit Durchschnittswerten über 5.4 sehr positiv beurteilt (vgl. Abbildung 7.2). Insbesondere die Testfahrten schienen den TeilnehmerInnen sehr lehrreich und die Erkenntnisse der Schulung gut umsetzbar. Die Schulungsleitung wurde (auf hohem Niveau) von der Gruppe 2 ($M = 5.85$, $SD = 0.37$) signifikant besser bewertet als von der Gruppe 1 ($M = 5.39$, $SD = 0.75$) $t(41.79) = -2.83$, $p < 0.05$, $d = 0.83$). In der ersten Gruppe hatten 4 von 11 Schulungsgruppen für den praktischen Teil einen anderen Trainer als die restlichen Gruppen. Da es sich also um eine relativ geringe Anzahl betroffener Personen handelt, denken wir nicht, dass der Unterschied in der Bewertung auf die unterschiedlichen Trainer zurückgeführt werden kann. Bei allen anderen Bewertungen bestand kein Unterschied zwischen den beiden Interventionsgruppen.

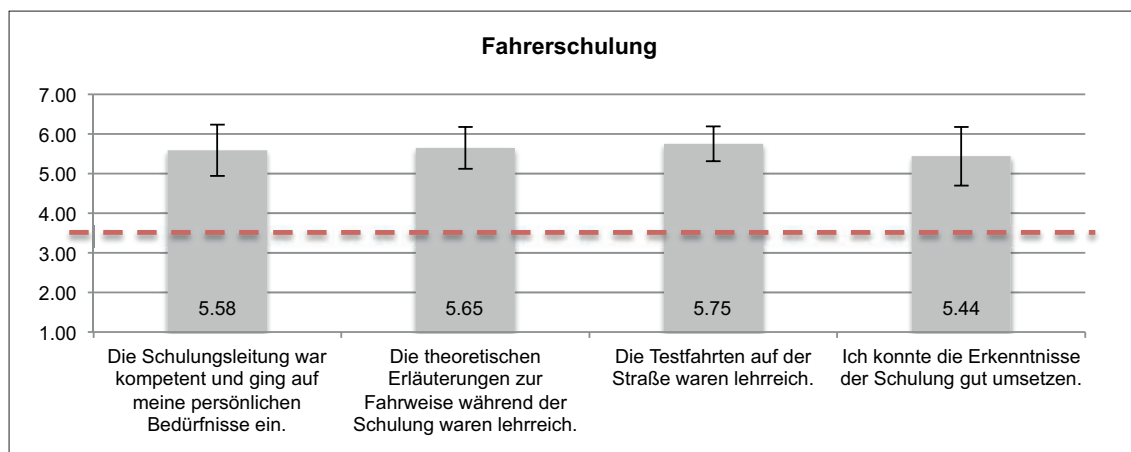


Abbildung 7.2 Bewertung der Eco-Drive Schulung durch die TeilnehmerInnen der Interventionsgruppen 1 & 2 ($N = 48$, Bewertungsskala: 1 = stimmt überhaupt nicht, 6 = stimmt ganz genau)

Die wöchentlichen Rückmeldungen zum Fahrstil wurden nicht ganz so positiv beurteilt wie die Fahrschulung (vgl. Abbildung 7.3).

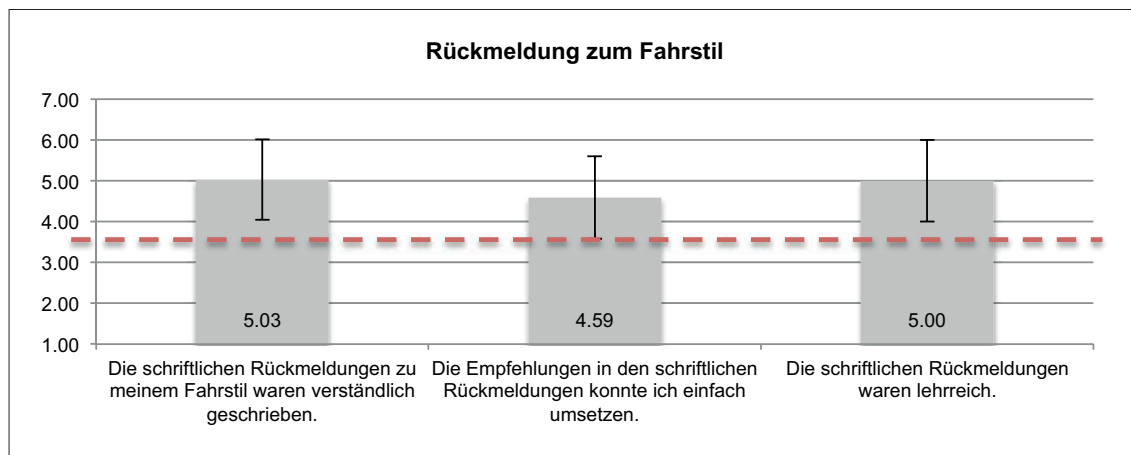


Abbildung 7.3 Bewertung der wöchentlichen Rückmeldungen zum Fahrstil durch die TeilnehmerInnen der Interventionsgruppen 1 & 2 (N je nach Item = 37-39, Bewertungsskala: 1 = stimmt überhaupt nicht, 6 = stimmt ganz genau)

Die durchschnittlichen Bewertungen lagen jedoch nur knapp unter 5, waren also ebenfalls sehr hoch. Besonders die Verständlichkeit und die Lernmöglichkeit wurden als gut bewertet, etwas schwieriger fanden es die befragten Personen, die Empfehlungen umzusetzen. Die Umsetzung der Rückmeldungen zum Fahrstil empfanden die befragten Personen als etwas schwieriger als die Umsetzung der Erkenntnisse der Schulung. Die Leichtigkeit der Umsetzung der Empfehlungen wurde von der Gruppe 2 ($M = 5.15$, $SD = 0.90$) signifikant besser bewertet als von der Gruppe 1 ($M = 4.29$, $SD = 0.95$) $t(35) = -2.68$, $p < 0.05$, $d = 0.92$). Die beiden anderen Bewertungen unterschieden sich nicht zwischen den beiden Gruppen.

8 Diskussion und Empfehlungen

In der vorliegenden Studie gingen wir der Frage nach, wie Eco-Drive als leiser Fahrstil zur Bekämpfung von Strassenlärm eingesetzt und gefördert werden könnte. Wir entwarfen hierzu ein Interventionsprogramm, welches Autolenkenden für die Strassenlärmthematik sensibilisieren und zur Anwendung von Eco-Drive motivieren sowie eine korrekte und dauerhafte Umsetzung dieses Fahrstils unterstützen sollte. Ziel des Interventionsprogramms war nicht zuletzt, die Motorenlärmemissionen der teilnehmenden Fahrenden zu senken. Dank der Teilnahme von Mitarbeitenden der Stadtverwaltung Ludwigshafen konnte dieses Interventionsprogramm auf mögliche Effekte hin evaluiert werden.

Wir möchten in diesem letzten Kapitel die wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Studie nochmals kurz zusammenfassen (Kapitel 8.1) und kritisch diskutieren (Kapitel 8.2). Daraus leiten wir Empfehlungen ab, wie ein leiser Fahrstil als Massnahme zur Lärmbekämpfung künftig gefördert werden könnte (Kapitel 8.3), und weisen auf weiteren Forschungsbedarf hin (Kapitel 8.4). Schliesslich möchten wir die Lehren, welche wir aus der Umsetzung dieser Studie gezogen haben, den LeserInnen weiter geben (Kapitel 8.5). Wir beenden den Bericht mit einem kurzen Ausblick (Kapitel 8.6).

8.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse

Die Erhebung verschiedener Parameter – objektive Fahr- und Lärmdaten ebenso wie die Selbsteinschätzung der TeilnehmerInnen – zu mehreren Zeitpunkten ergab ein differenziertes Bild der Effekte des Interventionsprogramms:

Als erstes betrachteten wir verschiedene Parameter des Fahrstils, die als Indikatoren für einen leisen Fahrstil gelten können. Wir fanden während der Fahrschulungen eine starke Reduktion der durchschnittlichen Motorendrehzahl (13% bei der Interventionsgruppe 1 und 21% bei der Interventionsgruppe 2). Auch in der auf die Fahrschulung folgenden Phase der Fahrrückmeldungen zeigte sich eine konstante Reduktion der durchschnittlichen Drehzahl von 3.2% in Gruppe 2 und 8% in Gruppe 1. Zwar verschlechterten sich die Werte von Gruppe 1 nach Beendigung des Programms etwas, insgesamt kann aber festgestellt werden, dass durch das Interventionsprogramm niedrig-touriges Fahren angeregt wurde.

Bei Parametern, welche auf vorausschauendes Fahren und Ausrollen hindeuten (ein Mass für die Ruckartigkeit des Fahrens, die durchschnittliche Verzögerung mit Bremse und der prozentuale Anteil der Fahrzeit in Schubabschaltung) beobachteten wir teilweise eine Verbesserung während der Phase der Fahrrückmeldungen. Diese Parameter verschlechterten sich aber wieder nach Beendigung des Programms. Wir schliessen daraus, dass die Rückmeldephase von nur 4 Wochen zu kurz war, um eine dauerhafte Veränderung des Fahrstils, welcher ja eine stark automatisierte Handlung ist, zu bewirken. Es scheint aber auch, dass niedrig-touriges Fahren, für welches den Fahrenden mit der Drehzahlanzeige eine unmittelbare Kontrollmöglichkeit zur Verfügung steht, einfacher umzusetzen ist, als vorausschauendes Fahren, bei welchem sich die Fahrenden eher auf ihr Fahrgefühl verlassen müssen.

Der durch das Interventionsprogramm veränderte Fahrstil hatte einen, wenn auch kleinen Effekt auf die Motorengeräusche. So verringerte sich der gemittelte Summenpegel der Motorengeräusche von 54.4 dB(A) vor dem Interventionsprogramm um ein halbes dB(A) auf 53.9 dB(A) während der Phase der Rückmeldungen. Nach Beendigung des Programms blieb der Wert relativ konstant auf 54 dB(A). Auch der Anteil lauter Fahrten (> 60 dB(A)) sank von 8.8% auf 5.4%. Allerdings erwies sich diese Reduktion nur als kurzfristig, der Anteil lauter Fahrten stieg nach Ende der Rückmeldungsphase wieder an. Auch hier lässt sich vermuten, dass die Phase von 4 Wochen mit Rückmeldungen zu kurz war, um eine Verstetigung zu erreichen.

Der durch das Interventionsprogramm veränderte Fahrstil schlug sich auch im Kraftstoffverbrauch nieder. So konnten die FahrerInnen während der Fahrschulungen 8.3% (Gruppe 1), respektive 14.3% (Gruppe 2) Kraftstoff pro 100 Kilometer einsparen. Auch während der Rückmeldungsphase betrug die Verringerung des Kraftstoffverbrauchs noch 3.2%, respektive 2.3%. Doch der Kraftstoffverbrauch stieg nach Beendigung des Programms wieder an. Auch andere Feldstudien zeigen, dass sich die teils sehr grossen, während Fahrschulungen erzielten Kraftstoffeinsparungen nach Abschluss der Schulungen verringern, respektive ganz verschwinden (vgl. z.B. Af Wählberg, 2007; Beusen et al., 2009). Längerfristige Kraftstoffeinsparungen liegen im Bereich der auch von uns gefundenen 2% (Af Wählberg, 2007).

Interessanterweise liess sich beobachten, dass sich bei der ersten Durchführung des Interventionsprogramms nicht nur die Interventionsgruppe in ihrem Fahrstil verbesserte, sondern auch die Kontrollgruppe, das heisst, diejenigen Personen, welche zu diesem Zeitpunkt in Wartezeit waren. Dieser Effekt zeigte sich bei der Reduktion der Drehzahl, der durchschnittlichen Verzögerung mit Bremse, der prozentualen Fahrzeit in Schubabschaltung und dem Kraftstoffverbrauch. Deshalb lassen sich die gefundenen Verbesserungen der ersten Gruppe nicht ausschliesslich auf den Besuch des Interventionsprogramms zurückführen. Wir vermuten, dass dieser Effekt auf unsere Befragung zurückzuführen ist. Während der ersten Befragung wurde nämlich sämtlichen TeilnehmerInnen der Begriff Eco-Drive anhand der Fahrregeln erklärt. Dies war nötig, damit sich alle Befragten beim Ausfüllen des Fragebogens das Gleiche unter Eco-Drive vorstellen konnten. Wir vermuten, dass auch die TeilnehmerInnen der Kontrollgruppe danach versuchten, ihren Fahrstil selbständig im Sinne von Eco-Drive zu verbessern. Dass schon einfache Instruktionen dazu führen können, dass Personen ihren Fahrstil verbessern, konnte auch schon anderweitig gezeigt werden (Andrieu & Saint Pierre, 2012).

Dieser mögliche Befragungseffekt liess sich interessanterweise auch bei der Selbsteinschätzung des eigenen Fahrstils beobachten. So schätzten sowohl die Personen, welche das Interventionsprogramm zum ersten Zeitpunkt absolvierten, wie auch die Personen in Wartezeit ihre ersten Versuche mit Eco-Drive (Initiierung) und die vollständige Etablierung von Eco-Drive nach der ersten Durchführung des Interventionsprogramms höher ein als vorher. Diese Veränderung war freilich bei der Interventionsgruppe ausgeprägter als bei der Kontrollgruppe, womit der Effekt zumindest teilweise auf das Absolvieren des Programms zurückgeführt werden kann.

Eine weiteres sehr wichtiges Ergebnis ist, dass sich die Verschlechterung des Fahrstils nach Beendigung des Programms nicht in den Befragungsdaten widerspiegelte. Das heisst, gemäss Selbsteinschätzung waren die TeilnehmerInnen auch nach Abschluss des Programms der Meinung, besser Eco-Drive zu fahren als vorher. Diese Erkenntnis ist eine für die Ausgestaltung zukünftiger Interventionsprogramme sehr wichtige Erkenntnis (vgl. weiter unten).

Die Frage, ob das Interventionsprogramm – und damit meinen wir hier insbesondere die Informationsbrochure, welche den TeilnehmerInnen zu Beginn ausgeteilt wurde, da einzig in dieser die Strassenlärmproblematik thematisiert wurde – die TeilnehmerInnen motivieren konnte, weniger Strassenlärm zu verursachen und vermehrt Eco-Drive zu fahren, kann nur teilweise bejaht werden. Befragung 1 zeigte, dass sämtliche TeilnehmerInnen eine sehr hohe Motivation aufwiesen, welche schwerlich noch weiter gesteigert werden konnte. Im Verlauf der Studie nahm diese Motivation dann leicht ab. Bei der zweiten Durchführung des Programms konnte bei der Interventionsgruppe eine Erhöhung der Motivation beobachtet werden, welche sich auf das Absolvieren des Programms zurückführen lässt.

Insgesamt beurteilten die TeilnehmerInnen das Interventionsprogramm, insbesondere die Fahrschulung, sehr positiv. Dass das Fahrerfeedback in der Rückmeldungsphase teilweise unvollständig war, schlug sich nicht in einer negativen Beurteilung nieder.

8.2 Kritische Würdigung der Studie

Wir konnten in dieser Studie verschiedene Ansprüche an wissenschaftliche Qualität erfüllen, welchen die meisten bisherigen Studien zu Eco-Drive nicht genügen. So haben wir beispielsweise nicht nur einen Vorher-Nachher-Vergleich bei der Interventionsgruppe durchgeführt, sondern auch einen Vergleich mit einer Kontrollgruppe (in bisherigen Studien wurde das nur von Rose & Symmons, 2008, gemacht). Das in keiner andern Studie angewandte Wartegruppendedesign erlaubte uns die Kontrolle von Zeiteffekten, wie z.B. einen saisonalen Effekt, und die Überprüfung der Robustheit der in der ersten Interventionsgruppe gefundenen Effekte durch eine Wiederholung in der zweiten Interventionsgruppe. Wir begleiteten die TeilnehmerInnen über einen längeren Zeitraum als die meisten anderen Studien (Ausnahmen sind hier die Studien von Af Wählberg, 2007; Beusen et al., 2009; Rutty et al., 2014). Und obwohl die Gruppen der TeilnehmerInnen, deren Daten schlussendlich in die Auswertungen einflossen, relativ klein waren, sind sie immer noch grösser als in den meisten anderen Studien (z.B. Beusen et al., 2009; Rose & Symmons, 2008; Zarkadoulou et al., 2007). Hervorzuheben ist auch unsere Ergänzung der Fahrdaten mit Berechnungen der Lärmemissionen, was unseren Wissens in dieser Form bisher noch nie realisiert wurde.

Nichtsdestotrotz gibt es bei der Interpretation unserer Ergebnisse einige kritische Aspekte zu beachten: Sowohl bei den teilnehmenden Personen wie auch bei den einbezogenen Fahrzeugen handelt es sich um Gelegenheitsstichproben, welche sich durch die Mitmachmotivation der TeilnehmerInnen und durch die technische Tauglichkeit ihrer Fahrzeuge ergaben. Auch die Zuteilung zu den beiden Interventionsgruppen und die Kontrollgruppe erfolgte nicht zufällig, vielmehr versuchten wir hier, verschiedene Merkmale möglichst gleichmässig auszubalancieren. Unsere Tests auf mögliche Unterschiede zwischen den Gruppen, wie auch zwischen Personen und Fahrzeugen, welche in die Datenauswertung einfließen, verglichen mit denjenigen, welche aufgrund zu vieler fehlenden Werte nicht berücksichtigt werden konnten, ergaben jedoch keine nennenswerten Unterschiede. Trotzdem kann es natürlich sein, dass eine von uns nicht erfasste intervenierende Variable die gefundenen Effekte mit prägte.

Auch wenn die Anzahl Personen in der Auswertung der Fahrdaten und Lärmwerte grösser war als in vergleichbaren Studien, war die Zahl zu gering, um statistisch signifikante Effekte mittlerer oder geringer Grösse zu finden. Wir wendeten darum ein etwas toleranteres Kriterium an als normalerweise üblich, indem wir auch Effekte interpretierten, welche ein Signifikanzniveau von $p < .20$ sowie eine mittlere Effektstärke aufwiesen. Dies bedeutet, dass die gefundenen Effekte mit einer grossen Wahrscheinlichkeit von mindestens 80% keine zufälligen Ergebnisse sind. Zwar kann nicht ausgeschlossen werden, dass nicht das eine oder andere unserer Ergebnisse doch ein Zufälliges ist, durch die Überprüfung in zwei Interventionsgruppen und die Muster, welche wir über die verschiedenen Kennwerte fanden, erscheinen uns die gefundenen Ergebnisse aber durchaus plausibel.

Eine Studie wie die hier beschriebene kann nur mit freiwilliger Teilnahme durchgeführt werden. Dies hatte zur Folge, dass die TeilnehmerInnen bereits relativ stark für die Problematik sensibilisiert und für die Teilnahme hoch motiviert waren. Das zeigte sich denn auch in den Befragungsdaten des ersten Befragungszeitpunkts. Bei der Übertragung der Ergebnisse auf unmotivierte Personen ist deshalb Vorsicht geboten. Wir vermuten, dass bei weniger Motivierten zuerst verstärkt Informations- und Überzeugungsarbeit geleistet werden müsste (ähnlich wie wir es mit unserem Sensibilisierungspaket versuchten), bevor die Personen sinnvollerweise in eine Fahrschulung geschickt würden.

Zu Beginn unserer Studie haben wir die Qualitätsprobleme der gemessenen Fahrdaten und damit der berechneten Lärmwerte klar unterschätzt. Eine längere und elaboriertere Validierungsphase mit Fahrttests unter kontrollierten Bedingungen wäre angezeigt gewesen. Wir begegneten dieser Problematik mit einem strengen Ausschluss unplausibler Werte. Dies führte freilich dazu, dass sich die Datenmenge für die Analysen beträchtlich verringerte. Wir sind zwar der Meinung, dass dadurch den in die Auswertung eingeflossenen Daten vertraut werden kann, idealer wäre aber natürlich ein besser geprüftes Messverfahren.

Unser Anspruch war, ein möglichst effektives Interventionsprogramm zusammen zu stellen. Wir sind der Meinung, dass insbesondere die Fahrschulungen eine sehr hohe Qualität aufwiesen. Dies bestätigten uns einerseits die Rückmeldungen der TeilnehmerInnen, andererseits konnten wir dies auch durch eigene Beobachtungen feststellen. Das Festlegen von Qualitätskriterien bei der Auswahl der Fahrinstruktionen hatte sich demnach gelohnt. Beim Sensibilisierungspaket und bei den Fahrerrückmeldungen sehen wir hingegen noch Verbesserungspotential. Das Sensibilisierungspaket würde idealerweise aufgrund einer Vorbefragung noch besser auf die Motiv- und Interessenlage der TeilnehmerInnen abgestimmt. Die Fahrerrückmeldungen sollten den TeilnehmerInnen eigentlich Informationen über ihren Fahrstil vermitteln. Wegen häufig fehlender Daten hatten die Rückmeldungen aber eher die Funktion einer Erinnerungshilfe. Auch können wir schlussendlich nicht wirklich eruieren, ob die Rückmeldungen, welche per E-Mail an die TeilnehmerInnen versandt wurden, von diesen überhaupt gelesen wurden. Eine automatisiertes, benutzerfreundliches und graphisch anschaulich gestaltetes Feedback wäre wünschenswert hätte unserer Meinung nach grosses Potential, die Verstetigung des neu gelernten Fahrstils zu unterstützen.

8.3 Empfehlungen zur Förderung eines leisen Fahrstils

Aufgrund unserer Ergebnisse sind wir der Meinung, dass es sich lohnt, bei der Bekämpfung von Strassenlärm auch Eco-Drive zu fördern. Wir empfehlen, das in dieser Studie überprüfte Interventionsprogramm zu optimieren und zu einer standardisierten Massnahme zur Förderung von Eco-Drive in Unternehmen weiter zu entwickeln. Die Trägerschaft und Verbreitung kann durch geeignete Partner erfolgen.

Folgende Aspekte des Programms sollten angepasst, respektive verbessert werden:

Im Vorfeld der Fahrschulungen sollte die Strassenlärmproblematik und Eco-Drive im Unternehmen zum Thema werden. Das von uns vorgeschlagene Sensibilisierungspaket kann eine Komponente dieses ersten Schrittes sein, sollte aber unbedingt von weiteren Kommunikationsmassnahmen und insbesondere sozialen Anlässen begleitet werden. Ziel dieses ersten Schrittes muss sein, möglichst viele MitarbeiterInnen fürs Mitmachen zu gewinnen. Für Anregungen hierzu verweisen wir auf Fischer et al. (2013b) und auf ein Programm aus dem Energiesparbereich (Matthies, Kastner, Klesse, & Wagner, 2011). Eine vielversprechende Option wäre nach unserer Einschätzung, ein Eco-Drive Interventionsprogramm in das offizielle Weiterbildungsprogramm aufzunehmen (ein Weg, den die Stadtverwaltung Ludwigshafen nun anstrebt), sofern diese Massnahme in ein umfassendere Sensibilisierungsprogramm eingebettet wird. Ein grosses Hindernis sehen wir darin, dass die meisten Personen wohl ihre Fahrkünste überschätzen (vgl. auch Erkenntnisse aus Moser, Fischer, Lauper, Schaad, et al., 2013). Das heisst, die FahrerInnen denken, dass sie Eco-Drive schon sehr gut umsetzen und deshalb gar keinen Handlungsbedarf sehen. Hier könnten Möglichkeiten des Selbsttests (z.B. an Thementagen mit Fahrsimulatoren) einen Weg darstellen, Personen für die Teilnahme am Programm zu motivieren.

Wir sind überzeugt, dass es sich gelohnt hat, auf eine hohe Qualität der Fahrschulungen zu achten und kompetente und engagierte Fahrtrainer einzusetzen, welche ihrerseits Überzeugungsarbeit bei den Mitarbeitenden leisteten. Ein weiteres wichtiges Element der Fahrschulungen war der Vergleich verschiedener Fahrparameter vor und nach erfolgter Instruktion, um den TeilnehmerInnen die Effekte von Eco-Drive aufzuzeigen. Vermehrt Aufmerksamkeit sollte insbesondere auf die Vermittlung von vorausschauendem Fahren und Ausrollen gelegt werden. Diese Fahraspekte scheinen schwierig umsetzbar, und das Einprägen von Merkregeln könnte hier weiterhelfen.

Aufgrund unserer Ergebnisse gehen wir davon aus, dass eine Fahrschulung nur sehr kurzfristige Effekte zeigen wird, wenn ihr nicht eine Verstetigungsphase folgt. Dabei spielt Feedback eine sehr wichtige Rolle. Unser Programm beinhaltete während vier Wochen jede Woche eine Rückmeldung zum Fahrstil per E-Mail. Hier sehen wir jedoch grosses Verbesserungspotential. So haben unsere Daten gezeigt, dass diese vier Wochen zu kurz waren, um den Fahrstil dauerhaft zu verändern. Das heisst, die Rückmeldungen sollten über einen längeren Zeitraum gegeben werden. Sinnvoll wäre es auch, nach einer bestimmten Zeit (z.B. nach einem halben und nach einem ganzen Jahr nach Abschluss der Fahrschulungen) nochmals einen Rückmeldeblock einzuschalten. Möglicherweise wären hier aber bereits einfache Erinnerungshinweise mit Wiederholung der Eco-Drive Regeln ausreichend. Mit Vorsicht sind Einladungen zu Wiederholungskursen einzusetzen. Unsere Befragungsdaten haben gezeigt, dass sich die Personen nicht bewusst sind, dass sich ihr Fahrstil nach einer gewissen Zeit wieder verschlechtert hat. Wir gehen deshalb davon aus, dass die Fahrenden keine Notwendigkeit sehen würden, einen Wiederholungskurs zu besuchen, es sei denn, die Diskrepanz würde mit Fahrerrückmeldungen sichtbar gemacht.

Technische Lösungen für Fahrerfeedback sind erst in Entwicklung begriffen, und auch die von uns verwendete Version ist noch keine optimale und auch keine automatisierte Lösung. Fahrerrückmeldungen bedingen entweder die Installation von Fahrdatenrekordern über einen langen Zeitraum oder aber ein grosses Engagement der TeilnehmerInnen, um z.B. Betankungsdaten und Kilometerstand manuell zu erfassen. Rückmeldungen via eine zentrale Website (wie z.B. im Tool der Firma Modern Drive Technology GmbH enthalten, vgl. auch Empfehlungen von Ando et al., 2010; Satou et al., 2010) setzen grosses Interesse der Fahrenden, sich die Daten anzusehen, voraus sowie einen Internetzugang (am Arbeitsort). Vielversprechend sind sicherlich niederschwelligere Angebote wie z.B. automatisch generierte, regelmässige SMS oder E-Mails an die Fahrenden (vgl. hierzu das „Montagsmail“ der Firma Modern Drive Technology GmbH). Hier besteht die Kunst darin, den Fahrenden möglichst anschaulich und einfach verständlich die wichtigen Daten mitzuteilen. Interessant erscheint uns der Ansatz einer Smartphone-App (vgl. Tulusan, 2013). Langfristig liegt sicher ein grosses Potential in neuen Fahrassistenzsystemen (vgl. Entwicklungen wie von Wu & Ou, 2011, oder Barth & Boriboonsomsin, 2009; Van der Voort et al., 2001). Die Anschaffung von Neuwagen mit solchen Systemen müsste aber von Sensibilisierungsmassnahmen (vgl. oben) begleitet werden, damit die Fahrenden überhaupt Interesse haben, die in diesen Systemen vorhandenen Informationen zu beachten und umzusetzen.

Schliesslich könnte ein Programm zur Förderung von Eco-Drive in Unternehmen mit weiteren motivierenden Elementen kombiniert werden, zum Beispiel mit einem spielerischen Wettbewerb zwischen den TeilnehmerInnen oder zwischen Abteilungen oder mit finanziellen Anreizen (z.B. Rückvergütung der monetären Einsparungen durch die Kraftstoffeinsparungen an die TeilnehmerInnen).

Wir nehmen an, dass sich ein Interventionsprogramm für Eco-Drive auch für Privatpersonen verwirklichen liesse. Idealerweise würde dieses aber ebenfalls in einer bestehenden Gemeinschaft implementiert, zum Beispiel in einer Gemeinde oder einem Verein, welche als Trägerinstitutionen auftreten (erste Ideen, wie ein solches Programm aussehen könnte, wurden in Fischer et al. 2013b skizziert). Eines der wichtigsten Elemente wäre auch hier die Möglichkeit von Fahrrückmeldungen, zum Beispiel, indem Fahrdatenrekorder zur Verfügung gestellt und standardisierte Parcours angeboten werden, und indem ein einfaches, benutzerfreundliches Rückmeldesystem entwickelt wird.

8.4 Implikationen für weitere Forschung

Wir sind überzeugt, dass es sich lohnt, die Implementierung von neuen Interventionsprogrammen im Sinne von Pilotprojekten begleitend zu evaluieren. In der vorliegenden Studie konnten wir einige Ideen leider nicht verwirklichen, von welchen wir uns zusätzliche Erkenntnisgewinne versprochen hätten:

Aufschlussreich wäre zum Beispiel ein Vergleich verschiedener Kombinationen der einzelnen Elemente des Interventionsprogramms. Hätte zum Beispiel der alleinige Besuch der Fahrschulung den gleichen Effekt wie das gesamte Programm? Oder hätte eine Kombination aus Sensibilisierungspaket und Fahrrückmeldungen eine bessere Wirkung? Um solche unterschiedliche Kombinationen vergleichend testen zu können, bräuhete es aber eine relativ grosse Anzahl TeilnehmerInnen mit vergleichbaren Fahrzeugen und Fahrhäufigkeiten. In diesem Zusammenhang könnte auch geprüft werden, ob eine individuelle Abstimmung der Interventionselemente auf den Kenntnis- und Fähigkeitstand der einzelnen Personen einen besseren Effekt hätte als ein Standardprogramm. Auch sollte untersucht werden, ob Merkmale der Person (z.B. die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Verkehrstyp, z.B. nach Pfafferott, 1974) mit dem Effekt des Interventionsprogramms interferiert.

Wir sehen insbesondere noch Forschungsbedarf bei der Motivierung von Personen und bei der Verbesserung der Fahrrückmeldungen. Zukünftige Forschung sollte sich darauf konzentrieren, wie Nichtmotivierte begeistert werden können und wie ein einfaches, benutzerfreundliches Feedbacksystem implementiert werden könnte.

Auch sollte der Frage nachgegangen werden, wie sich die Diskrepanz zwischen der Selbsteinschätzung des Eco-Drive Fahrstils und den objektiven Fahrdaten erklären lässt, d.h. anhand welcher Merkmale die Personen ihre Selbsteinschätzung vornehmen.

Nicht zuletzt könnten auch die in dieser Studie verwendeten Daten für detailliertere Erkenntnisse, wie zum Beispiel Unterschiede der Fahrzeuge (z.B. Antriebsart, Grösse, Schaltung) oder der Fahrenden (z.B. Geschlecht) erforscht werden.

8.5 Was es bei der Durchführung und Evaluation von Interventionsprogrammen zum Fahrstil zu beachten gilt

Eine Feldstudie unter realen Bedingungen bringt immer Unwägbarkeiten mit sich, die nicht voraussehbar sind, insbesondere, wenn man sich das erste Mal in ein bestimmtes Feld wagt. In der vorliegenden Studie wurden solche durch einen anfänglich zu knapp bemessenen Zeitrahmen sowie knappe finanzielle Mittel noch akzentuiert. Wir möchten im Folgenden die wichtigsten Lehren, welche wir aus den zu meisternden Schwierigkeiten bei der Studiendurchführung gezogen haben, aufführen. Dies insbesondere, damit zukünftige ähnlich strukturierte Projekte davon profitieren können.

Bei der Implementierung von Interventionsprogrammen zur Förderung von Eco-Drive in Unternehmen sollte Folgendes beachtet werden:

- Die Motivierung möglicher TeilnehmerInnen ist ein Prozess, welcher längere Zeit beansprucht und direkten Kontakt mit den Mitarbeitenden und ihren Vorgesetzten erfordert. Wir empfehlen, hierfür mindestens 6 Monate einzuplanen. Es braucht zudem vor Ort eine Person mit grossem Engagement. Wenn diese Aufgabe von einer betriebsinternen Person übernommen wird, muss sie über eine Position im Betrieb verfügen, welche sie zu dieser Aufgabe legitimiert. Wenn die Aufgabe von einer externen Person

(z.B. aus dem Forschungsteam) übernommen wird, muss diese von einer internen Person eng begleitet werden, welche die Unternehmensstruktur und –kultur gut kennt. Unbedingt ist die Betriebshierarchie zu beachten, das heisst, als erstes müssen Vorgesetzte mit ins Boot geholt werden. Nicht vergessen werden darf, die gegebenenfalls nötigen Bewilligungen (z.B. von Personalräten) einzuholen und diese Unterstützung auch an die Mitarbeitenden zu kommunizieren.

- Wenn eine Ausstattung des Fuhrparks mit Datenrekordern geplant ist, müssen bei der Suche nach möglichen TeilnehmerInnen die Eigenschaften des Fuhrparks unbedingt mit berücksichtigt werden. Wir empfehlen, in einem ersten Schritt den Fuhrpark zu analysieren und abzuklären, welche Fahrzeuge sich für das Programm überhaupt eignen. Diese müssen z.B. bestimmte technische Eigenschaften aufweisen, so dass sie mit einem Datenrekorder ausgerüstet werden können. Auch berücksichtigt werden muss, welche Implikationen sich z.B. aus einer grossen Heterogenität des Fuhrparks und der Fahrhäufigkeiten oder durch das Pooling von Fahrzeugen ergeben.
- Es muss abgeklärt werden, über welche Kommunikationskanäle TeilnehmerInnen erreichbar sind und über welche Kanäle die Kommunikation im Betrieb normalerweise läuft. In unserer Studie konnte keine einheitliche Lösung gefunden werden: Mitarbeitende, welche regelmässig ihre E-Mail Korrespondenz lasen, wurden über diesen Weg informiert, diejenigen Mitarbeitenden, bei welchen dies nicht der Fall war, wurden via ihre Vorgesetzten informiert; eine aus unserer Sicht jedoch nicht ideale Lösung.
- Bei der Ausgestaltung des Interventionsprogramms wäre ein partizipatives Vorgehen ideal, welches in dieser Studie nicht verwirklicht werden konnte. Das heisst, einzelne Interventionselemente sollten gemeinsam mit den Beteiligten ausgestaltet werden.
- Für die Fahrrückmeldungen sollte ein automatisiertes, benutzerfreundliches, und den Kommunikationsfähigkeiten und vorhandenen Kommunikationskanälen der Nutzer angepasstes System gewählt werden. Dieser Punkt ist vielleicht die grösste Knacknuss, da unseres Wissens noch keine befriedigende Lösung auf dem Markt ist.

Soll die Wirksamkeit eines implementierten Programms zur Förderung von Eco-Drive überprüft werden, sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Evaluation sollte eine Selbsteinschätzung der TeilnehmerInnen mit objektiven Fahrdaten kombinieren. Unsere Ergebnisse haben gezeigt, dass hier durchaus Diskrepanzen vorliegen können.
- Die Installation der Fahrdatenrekorder sollte unbedingt von einer Fachperson vorgenommen werden.
- Nach Installation der Fahrdatenrekorder sollte eine längere Phase der Datenvalidierung (mindestens 3 Monate) und eine längere Phase der Vorhermessung (z.B. 6 Monate) eingeplant werden. Dabei könnte auch eine Eichung der Fahrzeuge hinsichtlich möglicher Zielwerte vorgenommen werden.
- Wenn Zusatzapplikationen entwickelt werden (wie z.B. in unserer Studie die Berechnung von Lärmwerten) muss nochmals genügend Zeit für die Entwicklung und Validierung einberechnet werden.
- Installation der Fahrdatenrekorder, Validierung und Vorhermessung interferieren mit dem Bedürfnis der TeilnehmerInnen, möglichst bald aktiv zu werden. Wenn diese Phase zu lange dauert, kann es bereits wieder zu Austritten kommen (sowohl motivationsbedingt, aber auch aufgrund von Fluktuation). Allfällige Wartezeiten sollten deshalb frühzeitig kommuniziert und begründet werden. Idealerweise würde die Phase der technischen Ausrüstung der Phase der Teilnehmerrekrutierung vorgelagert, oder die Datenmessung würde an häufig verwendeten Fahrzeugmodellen vorgetestet. Denkbar ist auch ein wellenartiges Vorgehen, das heisst, dass die technische Ausstattung der Fahrzeuge und die Rekrutierung der TeilnehmerInnen in kleineren Wellen (z.B. nach Betriebsbereichen) zu unterschiedlichen Zeitpunkten durchgeführt wird. Dieses Vorgehen liesse sich besonders gut mit dem Wartegruppendedesign verbinden.

Bei der Organisation von Projekten, an denen verschiedene Fördergeber und Partner aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen und aus der Praxis beteiligt sind, treten koordinative Probleme auf, welche in der Literatur bereits gut dokumentiert sind (so z.B. in Defila, Di Giulio, Scheuermann, & Deutsche Forschungsgemeinschaft, 2008), die jedoch nicht unterschätzt werden dürfen. Wir möchten hier nur folgende Punkte hervorheben:

- Es braucht eine koordinierende Projektleitung, welche mit der entsprechenden Legitimation und ausreichenden zeitlichen Ressourcen ausgestattet ist, so dass sie die Umsetzung der Studie über den gesamten Zeitraum begleiten kann.
- Es braucht zu Beginn eine klare Zuweisung von Verantwortlichkeiten und Abhängigkeiten der Projektschritte der verschiedenen Projektpartner, sowie eine klare Terminierung der einzelnen Projektschritte mit genügend zeitlichem Puffer.
- Insbesondere bei inter- und transdisziplinären Projekten wie dieser Studie ist es wichtig, dass sämtliche Beteiligten mitdenken und mögliche nicht einkalkulierte Zusatzaufwände, Risiken und Schwierigkeiten, welche sie für einzelne Projektschritte antizipieren, kommunizieren. Nur so können diese in der Planung adäquat berücksichtigt werden.

8.6 Ausblick

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass mit der Förderung einer Eco-Drive Fahrweise eine Reduktion der Motorenlärmemissionen erzielt werden kann. Eine Änderung des gewohnten und automatisierten Fahrstils ist jedoch ein langwieriges Unterfangen, welches nur mit gut konzipierten und umgesetzten Interventionsprogrammen gelingen kann. In Kombination mit weiteren Massnahmen, wie beispielsweise der Verbreitung leiser Reifen und leichter Fahrzeuge oder der Förderung des Langsamverkehrs könnte so ein Massnahmenpaket entstehen, welches sich an die eigentlichen VerursacherInnen von Strassenlärm, nämlich die Autolenkenden, richtet. Dies erscheint insbesondere attraktiv, da so an Orten Strassenlärm reduziert werden könnte, an welchen andere Lärmbekämpfungsmassnahmen nur beschränkt eingesetzt werden können, etwa in städtischen Wohngebieten.

Hinweise darauf, wie ein solches umfassenderes Massnahmenpaket ausgestaltet werden könnte, wurden in den verschiedenen Modulen des Forschungsprojekts „Bewusstsein und Handeln in der Lärmbekämpfung“ des Schweizerischen Bundesamts für Umwelt erarbeitet. Mit dieser letzten Studie „Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm“ schliessen wir unsererseits dieses Forschungsprogramm ab. Wir hoffen, dass unsere Erkenntnisse verschiedene Akteure motivieren, bei der Lärmbekämpfung verstärkt auf den Menschen als eigentlichen Strassenlärmverursachenden zu fokussieren, und dass sie in unseren Berichten Inspirationen und Umsetzungshilfen finden, wie dies erfolgreich geschehen könnte.

Literaturverzeichnis

- af Wählberg AE. 2002. Fuel efficient driving training: State of the art and quantification of effects. *E141 proceedings of Statistics and Operational Research International Conference (SORIC) 2002*. 1-6. http://www.researchgate.net/profile/Anders_Af_Wahlberg/publication/234106638_Fuel_efficient_driving_training_state_of_the_art_and_quantification_of_effects_E141_Proceedings_of_Soric02/links/02bfe50f2735246376000000.pdf; Zugriff am 23. Februar 2015.
- af Wählberg AE. 2007. Long-term effects of training in economical driving: Fuel consumption, accidents, driver acceleration behavior and technical feedback. *International Journal of Industrial Ergonomics* 37:333–343.
- Ando R, Nishihori Y, Ochi D. 2010. Development of a system to promote eco-driving and safe-driving. In: Balandin S, Dunaytsec R, Koucheryavy Y, Herausgeber. *Smart Spaces and Next Generation Wired/Wireless Networking*. Third conference on smart spaces, ruSMART 2010, and 10th international conference, NEW2AN 2010. Berlin, Heidelberg, Deutschland: Springer-Verlag, pp. 207–218.
- Andrieu C, Saint Pierre G. 2012. Comparing effects of eco-driving training and simple advices on driving behavior. Paper presented at the EWGT 12, Paris. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 00 (2011) 000–000. http://perso.lcpc.fr/guillaume.saint-pierre/Publis/article_EWGT2012.pdf; Zugriff am 23. Februar 2015.
- Babisch W. 2014. Updated exposure-response relationship between road traffic noise and coronary heart diseases: A meta-analysis. *Noise and Health* 16(1):1–9.
- BAFU [Bundesamt für Umwelt]. 2014. *Lärmbelastung durch Strassenverkehr in der Schweiz. Zweite nationale Lärmberechnung, Stand 2012*. Umwelt-Zustand Nr. 1406. Bern, Schweiz: Bundesamt für Umwelt.
- Barth M, Boriboonsomsin K. 2009. Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14(6):400–410.
- Beusen B, Broekx S, Denys T, Beckx C, Degraeuwe B, Gijssbers M, Scheepers K, Govaerts L, Torfs R, Panis LI. 2009. Using on-board logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 14(7):514–520.
- Boriboonsomsin K, Barth M, Vu A. 2011. Evaluation of driving behavior and attitude towards eco-driving: A southern California limited case study. Paper presented at the 90th Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington D.C. http://cta.ornl.gov/TRBenergy/trb_documents/2011_presentations/Boriboonsomsin%20Eval%20of%20Driving%20Behavior%20-%20Session%20477.pdf; Zugriff am 23. Februar 2015.
- Cristea M, Paran F, Delhomme P. 2012. The role of motivations for eco-driving and social norms on behavioural intentions regarding speed limits and time headway. *World Academy of Science, Engineering and Technology* 6:1307–6884.
- de Kluizenaar Y, Janssen SA, van Lenthe FJ, Miedema H, Mackenbach JP. 2009. Long-term road traffic noise exposure is associated with an increase in morning tiredness. *Journal of the Acoustical Society of America* 126:626–633.
- de Roo F, Dittich M, Bosschaart C, Berry B. 2012. *Reduction of Vehicle Noise Emission: Technological Potential and impacts*. TNO [Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung] Report. Den Haag, Niederlanden: TNO.
- Defila R, Di Giulio A, Scheuermann M, Deutsche Forschungsgemeinschaft. 2008. *Management von Forschungsverbünden: Möglichkeiten der Professionalisierung und Unterstützung*. Weinheim, Deutschland: Wiley-VCH Verlag.
- Degraeuwe B, Beusen B. 2013. Corrigendum on the paper «Using on-board data logging devices to study the longer-term impact of an eco-driving course». *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 19:48–49.
- Delhomme P, Cristea M, Paran F. 2013. Self-reported frequency and perceived difficulty of adopting eco-friendly driving behavior according to gender, age, and environmental concern. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 20:55–58.
- Dogan E, Steg L, Delhomme P. 2011. The influence of multiple goals on driving behavior: The case of safety, time saving, and fuel saving. *Accident analysis and prevention* 43(5):1635–1643.
- Dratva J, Zemp E, Dietrich D, Bridevaux P, Rochat T, Schindler C. 2010. Impact of road traffic noise annoyance on health-related quality of life: Results from a population-based study. *Quality of Life Research* 19(1):37–46.
- Ecodrive.org. 2013. Benefits of ecodriving. http://www.ecodrive.org/en/what_is_ecodriving/-benefits_of_ecodriving; Zugriff am 23. Februar 2015.
- Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt. 1997. *Bericht zum «F+E-Projekt Neues EMPA-Modell für Strassenlärm» Teil Quellenbeschreibung*. Dübendorf, Switzerland: Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt.
- Ericsson E. 2001. Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 6:325–345.
- Ericsson E, Larsson H, Brundell-Freij K. 2006. Optimizing route choice for lowest fuel consumption: Potential effects of a new driver support tool. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 14:369–383.
- Faul F, Erdfelder E, Lang AG, Buchner A. 2007. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods* 39:175–191.
- Fischer M, Moser S, Lauper E, Hammer T, Kaufmann-Hayoz R. 2013a. *Lärmbelästigung, -verursachung und -vermeidung: Untersuchung psychologischer Faktoren mit repräsentativen Daten*. Arbeitspapier aus der IKAÖ, Nr. 9. Bern, Schweiz: Universität Bern.

- Fischer M, Moser S, Lauper E, Hammer T, Kaufmann-Hayoz R. 2013b. *Psychologische Massnahmen zur Lärmbekämpfung: Förderung eines leisen Fahrstils und der Bereitschaft zur Lärmvermeidung*. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 11. Bern, Schweiz: Universität Bern.
- Guski R. 2008. Entwicklung der Lärmwirkungsforschung 2002-2008. *UVP-Report* 22(4):141–151.
- Hoehn S. 2014. Strassenlärm an der Quelle bekämpfen. In: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Herausgeber. *Faktenblatt*. Bern, Schweiz: BAFU.
- Leys C, Ley C, Klein O, Bernard P, Licata L. 2013. Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median. *Journal of Experimental Social Psychology* 49(4):764–766.
- M+P. 2003. *Noise Emissions of Passenger Cars and Vans During Urban Driving M+P.MVM.00.9.1*. Vught, Niederlanden: M+P Raadgevende ingenieurs bv.
- Marti H. 1998. Ruhig fahren ist nicht schwer. In: Cercle Bruit Schweiz, Herausgeber. *Lärm*, 66–67. Luzern, Schweiz: Cercle Bruit Schweiz.
- Matthies E, Kastner I, Klesse A, Wagner HJ. 2011. High reduction potentials for energy user behavior in public buildings: How much can psychology-based interventions achieve? *Journal of Environmental Studies and Sciences* 1(3):241–255.
- Moser S, Fischer M, Lauper E, Hammer T, Kaufmann-Hayoz R. 2013. *Vermeiden von Umweltlärm: Ein Phasenmodell individueller Handlungsänderung*. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 8. Bern, Schweiz: Universität Bern.
- Moser S, Fischer M, Lauper E, Schaad A, Hammer T, Kaufmann-Hayoz R. 2013. *Individuelle Verursachung und Vermeidung von Strassenlärm: Ein empirischer Test eines Phasenmodells an den Beispielen Fahrstil und Reifenkauf*. Arbeitspapiere aus der IKAÖ, Nr. 10. Bern, Schweiz: Universität Bern.
- Pfafferoth I. 1974. *Psychische Einflussgrössen für die Erhaltung oder Übertretung einer Geschwindigkeitsbeschränkung. Dissertation*. Köln, Deutschland: Universität Köln.
- Phan H, Yano T, Nishimura T, Sato T, Hashimoto Y. 2010. Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics* 71(2):107–114.
- Rose G, Symmons M. 2008. Testing EcoDriver training in Australian conditions. Paper presented at the 31st Australasian Transport Research Forum (ATRF). http://www.atrf.info/papers/2008/2008_rose_symmons.pdf; Zugriff am 23. Februar 2015.
- Rückert-John J, Bormann I, John R. 2013. *Umweltbewusstsein in Deutschland 2012: Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage*. Berlin, Deutschland: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.
- Rutty M, Matthews L, Scott D, Del Matto T. 2014. Using vehicle monitoring technology and eco-driving training to reduce fuel use and emissions in tourism: A ski resort case study. *Journal of Sustainable Tourism* 22(5):787–800.
- Satou K, Shitamatsu R, Sugimoto M, Kamata E. 2010. Development of the on-board eco-driving support system. *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology* 9(89):09–10.
- Schiessl C, Fricke N, Staubach M. 2013. Identification and analysis of motives for eco-friendly driving within the eco-move project. *Intelligent Transport Systems, IET* 7(1):46–54.
- Selander J, Nilsson ME, Bluhm G, Rosenlund M, Lindqvist M, Nise G, Pershagen G. 2009. Long-term exposure to road traffic noise and myocardial infarction. *Epidemiology* 20(2):272–279.
- Siero S, Boon M, Kok G, Siero F. 1989. Modification of driving behavior in a large transport organization: A field experiment. *Journal of Applied Psychology* 74(3):417–423.
- Strömberg HK, Karlsson M. 2013. Comparative effects of eco-driving initiatives aimed at urban bus drivers: Results from a field trial. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 22:28–33.
- Tulusan J. 2013. *Combining ICT With Eco-driving Concepts to Improve Corporate Car Drivers' Fuel Efficiency*. St. Gallen, Schweiz: Universität St. Gallen.
- Tulusan J, Staake T, Fleisch E. 2012. Providing eco-driving feedback to corporate car drivers: What impact does a smartphone application have on their fuel efficiency? Paper presented at the the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing, Pittsburgh, Pennsylvania. http://cocoa.ethz.ch/downloads/2013/08/1203_ubicomp_tulusan_staake_fleisch_final_1.pdf; Zugriff am 23. Februar 2015.
- van der Voort M, Dougherty M, van Maarseveen M. 2001. A prototype fuel-efficiency support tool. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 9:279–296.
- van Dorsten C. 2013. *Funktionsbeschreibung Web-Portal der Modern Drive Technology GmbH*. Neumarkt, Deutschland: Modern Drive Technology GmbH.
- Vlek C. 2005. «Could we all be a little more quiet, please?» A behavioural-science commentary on research for a quieter Europe in 2020. *Noise Health* 7:59–70.
- Wu C, Zhao G, Ou B. 2011. A fuel economy optimization system with applications in vehicles with human drivers and autonomous vehicles. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 16:515–524.
- Zarkadoulas M, Zoidis G, Tritopoulou E. 2007. Training urban bus drivers to promote smart driving: A note on a greek eco-driving pilot program. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 12(6):449–451.

Anhänge

- Anhang A: Inhalte der Fahrerrückmeldung (anonymisiertes Beispiel)
- Anhang B: Kurzanleitung für die TeilnehmerInnen zur Benutzung des Login-Chip
- Anhang C: Lineare Modelle Fahrdaten und Lärmwerte
- Anhang D: Herkunft und zeitlicher Verlauf der Temperaturdaten
- Anhang E: Noise model of the vehicle fleet in the City of Ludwigshafen
- Anhang F: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanztests der Befragungsdaten
- Anhang G: Mittelwerte, Standardabweichungen und Signifikanztests der Fahr- und Lärmdaten

Sämtliche Anhänge sind nur als Download erhältlich: <http://boris.unibe.ch/id/eprint/66914>

Über die Autorenschaft

Stephanie Moser, Dr. phil., ist Psychologin und wissenschaftliche Mitarbeiterin am Centre for Development and Environment (CDE) der Universität Bern. Zur Zeit forscht sie in verschiedenen Projekten zu individuellen und gesellschaftlichen Prozessen der Diffusion nachhaltiger Innovationen, der Wahrnehmung und Prävention von Naturgefahren, wie auch der Entwicklung und Evaluation von Interventionen zur Förderung umweltfreundlicher Verhaltensweisen.

E-mail: stephanie.moser@cde.unibe.ch

Maja Fischer, MSc, ist Psychologin und arbeitete bis ende Oktober 2014 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Centre for Development and Environment (CDE) an der Universität Bern. Aktuell doktoriert sie am Psychologischen Institut der Katholischen Universität Leuven in Belgien. Als wissenschaftliche Mitarbeiterin entwickelte und evaluierte sie Interventionen zur Verbreitung umweltfreundlichen Handelns. In ihrer Doktorarbeit forscht sie derzeit zu dominantem und submissivem Verhalten in Interaktionen.

E-mail: maja.fischer@ppw.kuleuven.be

Elisabeth Lauper, lic. phil., ist Psychologin, wissenschaftliche Mitarbeiterin am Centre for Development and Environment (CDE) und Doktorandin am Institut für Psychologie der Universität Bern. In ihrer Forschung interessiert sie sich für das Verstehen und Beeinflussen umweltrelevanten Handelns und für die Verbreitung ressourcenschonender Innovationen.

E-mail: elisabeth.lauper@cde.unibe.ch

Thomas Hammer, Prof. Dr. phil. nat. ist Humangeograph. Er lehrt und forscht am Centre for Development and Environment (CDE) der Universität Bern und leitet Studienprogramme zu Nachhaltiger Entwicklung. Seine Spezialgebiete sind Nachhaltige Regional- und Landschaftsentwicklung, Schutzgebiete und Regionalentwicklung sowie Desertifikation und Nachhaltige ländliche Entwicklung in Westafrika.

E-mail: thomas.hammer@cde.unibe.ch

Ruth Kaufmann-Hayoz, Prof. em. Dr. phil., ist Psychologin, emeritierte Professorin für Allgemeine Ökologie und ehemalige Direktorin der Interfakultären Koordinationsstelle für Allgemeine Ökologie (IKAÖ) der Universität Bern. In ihrer Forschung und Lehre befasst sie sich mit den Bedingungen individueller und gesellschaftlicher Veränderungs- und Lernprozesse in Hinblick auf nachhaltige Entwicklung sowie Inter- und Transdisziplinarität.

E-mail: ruth.kaufmann@emeriti.unibe.ch

CDE Working Papers

- 1 *EU Trade Agreements and Their Impacts on Human Rights. Study Commissioned by the German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development (BMZ).* Elisabeth Bürgi Bonanomi. 2014.
- 2 *Mit Eco-Drive gegen Strassenlärm. Evaluation eines Interventionsprogramms zur Förderung eines leisen Fahrstils.* Stephanie Moser, Maja Fischer, Elisabeth Lauper, Thomas Hammer, Ruth Kaufmann-Hayoz. 2015.

CDE Working Papers bieten ExpertInnen aus Forschung, Entwicklung und Politik Einsichten zu relevanten Fragen zur Nachhaltigen Entwicklung.

Strassenlärm ist diejenige Verkehrslärmquelle, die am meisten Menschen belastet. Veränderungen im Handeln der Lärmverursachenden stellen eine vielversprechende Möglichkeit dar, bisherige Lärmbekämpfungsmassnahmen zu ergänzen. Die vorliegende Studie, welche vom Schweizerischen Bundesamt für Umwelt und dem Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Ernährung, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz unterstützt wurde, widmete sich der Frage, wie die Förderung eines leisen Fahrstils zur Bekämpfung von Strassenlärm nutzbar gemacht werden kann. Hierzu erarbeiteten wir ein Interventionsprogramm zur Förderung eines leisen Fahrstils, welches in Zusammenarbeit mit Mitarbeitenden einer Stadtverwaltung umgesetzt und evaluiert wurde. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass es sich lohnt, einen leisen Fahrstil im Rahmen der Lärmbekämpfung zu fördern; während der mehrwöchigen Durchführung des Programms konnte eine Reduktion der durchschnittlichen Drehzahl, des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs, des gemittelten Summenpegels des Motorengeräuschs wie auch der prozentualen Fahrzeit mit Motorengeräuschen über 60dB(A) beobachtet werden. Befragungen der TeilnehmerInnen gaben zudem Auskunft über die diesen Veränderungen zu Grunde liegende Motivstruktur. Wir präsentieren in diesem Bericht sowohl eine detaillierte Darstellung des verwendeten Interventionsprogramms, des Vorgehens bei dessen Evaluation, sowie die entsprechenden Auswertungen. Wir hoffen, dass durch diese Studie zukünftige Programme zur Förderung eines leisen Fahrstils angeregt werden und von unseren Ergebnissen profitieren können.